АВИАКОНСТРУКТОРЫ

Валерий Августинович

Битва за скорость

ВЕЛИКАЯ ВОЙНА АВИАМОТОРОВ

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Борьба за господство в воздухе — это прежде всего ВОЙНА МОТОРОВ. Опыт Второй Мировой показал, что именно превосходство в скорости является решающим фактором в воздушном бою, а отставание СССР в моторостроении стало главной «ахиллесовой пятой» наших ВВС в Великой Отечественной войне. Вся история авиации есть ожесточенная БИТВА ЗА СКОРОСТЬ, а значит — за мощность авиадвигателей, по праву считающихся вершиной технологии и доказательством научно-технической состоятельности государства.

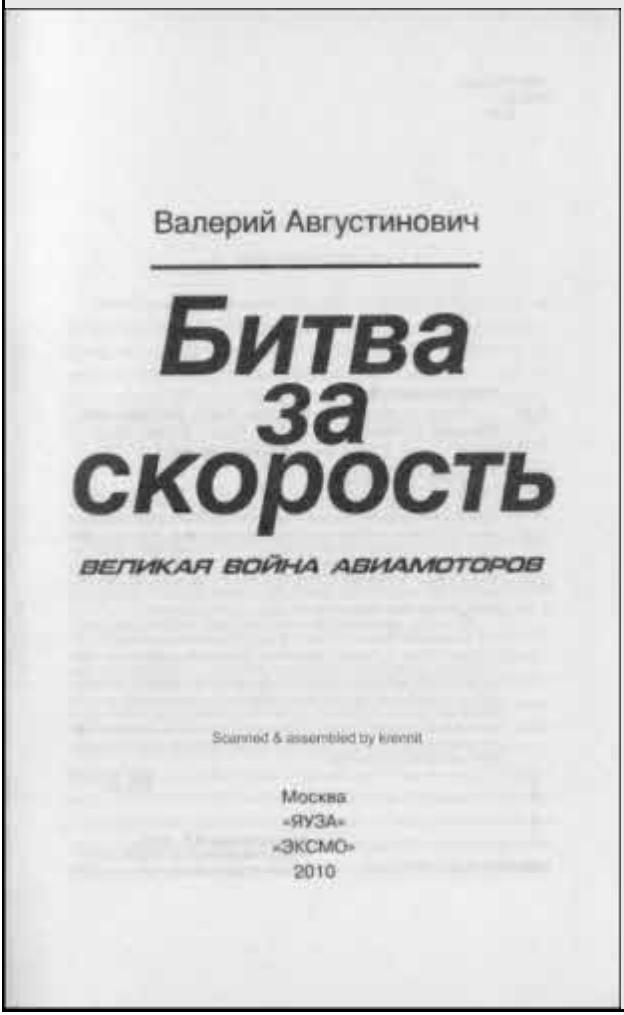
Эта книга — первое серьезное исследование великой войны моторов, продолжавшейся весь XX век и определившей развитие авиапромышленности, — от первых поршневых двигателей до новейших газотурбинных, от неуклюжих «этажерок», летавших со скоростью мопеда, до гиперзвуковых стратосферных суперджетов последнего поколения. Будучи признанным авторитетом в области проектирования авиационных двигателей с более чем 40-летним стажем, автор лично участвовал в этой битве за скорость, а его книга не только в высшей степени компетентна, но еще и на редкость увлекательна, читаясь как захватывающий технотриллер.

- Валерий Августинович
  - ПРЕДИСЛОВИЕ
  - ДОКТРИНА ДУЭ И ГОНКИ НА КУБОК ШНЕЙДЕРА
  - «ВОЙНА МОТОРОВ»
  - ГЕРМАНСКИЙ ПРОРЫВ
  - СМЕНА ЛИДЕРОВ
  - САМОЛЕТ ВОЗДУШНОГО БОЯ
  - МОТОР ДЛЯ ПЕРЕХВАТЧИКА
  - ЭЛЕКТРОНЫ ВМЕСТО МОЛЕКУЛ
  - ПОСЛЕДНИЙ ИЗ «МОГИКАН»
  - СУММА ТЕХНОЛОГИЙ
  - ГИПЕРЗВУК
  - «СОЛДАТСКИЙ» САМОЛЕТ
  - БИБЛИОГРАФИЯ

Валерий Августинович

БИТВА ЗА СКОРОСТЬ

ВЕЛИКАЯ ВОЙНА АВИАМОТОРОВ



ПРЕДИСЛОВИЕ

Авиация притягивает людей, а высший пилотаж на боевых самолетах вообще действует завораживающе — каждый, кто был на авиашоу, знает это. Автор был неоднократным свидетелем авиационных парадов и шоу на протяжении 50 лет и на собственном опыте может судить об их большом эмоциональном воздействии. Неслучайно авиация столь любима в России — есть что-то метафизическое в этой любви, корни которой уходят в глубь русской души. Чудо техники? Конечно. Восхищение искусством пилотирования? Несомненно. Но, судя по всеобщей любви и интересу к авиации, в этом есть еще какой-то непознаваемый, необъясненный остаток, связывающий человека и летающую машину. Первый в своей жизни воздушный парад в Тушине автор наблюдал в 1955 г., а пока последний — в 2009 г. МАКС-2009, август 2009 г., г. Жуковский. Трудно поверить, что на этом празднике авиации единовременно в субботний день присутствовало около 200 тысяч человек, преимущественно молодежь. И это несмотря на очереди на транспорт, очереди на входе, очереди за банкой заурядного пива и куриным крылышком, несмотря на безумные цены. Праздник все равно состоялся. Авиация как торжество бытия над небытием, жизни над смертью, осмысленного труда над бессмыслицей, в изобилии видимой в окружающей нас суете. Символ преодоления хаоса, победы над ним.

Накануне при подготовке к полетам погиб пилот И. Ткаченко, лидер пилотажной группы Су-27 «Русские витязи». Еще одна жизнь среди многих, отданных авиации. Цена не только за праздник, но и за движение вперед, и за мирное небо. Печальная неизбежность. Мартиролог летчиков-испытателей, известных и неизвестных широкой публике, длинен.

В том же 2009 г. исполнилось 100 лет перелету Блерио через Ла-Манш. Это событие, на взгляд автора, более значимо, чем 250-метровый первый полет самолета братьев Райт, случившийся шестью годами ранее (17 декабря 1903 г.). То, что летать на самолете, оснащенном мотором, можно, было уже ясно и к полету готовились самолеты не только Райт, но и другие (например, Самюэль Лэнгли). В общем, полет братьев Райт в чистом поле штата Северная Каролина в провинциальном местечке Китти-Хок тогдашних С.А.С.Ш. (Северо-Американских Соединенных Штатов) по большому счету — не столько выдающееся событие, а скорее эксперимент. А вот реальный перелет на самолете через канал Ла-Манш в тогдашнем центре мировой цивилизации — Европе

закономерно произвел фурор и сразу стал фактом общественного сознания. Родилась авиация. Но мало кто задумывается, что полет аппаратов тяжелее воздуха стал возможен благодаря созданию двигателя внутреннего сгорания. В результате мы имеем огромный массив исторической информации о самолетах мира, но о моторах, развитие которых имело свою драматургию, включая судьбы главных конструкторов, в общественном сознании существует смутное представление. В попытке дать некое системное представление о «войне моторов» с учетом личного опыта автора, находившегося внутри этого исторического потока, написана эта книга.

ДОКТРИНА ДУЭ И ГОНКИ НА КУБОК ШНЕЙДЕРА

Не всегда продуктивно описывать историю хронологически последовательно. Этот метод — лишь один из многих. Часто целесообразно дать точку зрения, которая хотя и появилась исторически позже, но позволяет понять смысл как происходивших событий до ее появления, так и заглянуть в будущее. Тем более что развитие авиации, как и всякой инновации, в начале XX века, началось неосознанно, на ощупь выбираясь на магистральный путь. Все было внове: применение, оптимальные размеры и т. п. Авиация появилась в 1903–1909 гг., первые военно-воздушные части с применением самолетов были сформированы только в 1912 г. Боевые действия в Первой мировой войне планировались без применения экзотической на то время авиации, ставка делалась немцами на тяжелую артиллерию и крупномасштабный маневр, а Антантой — на крепостные укрепления.

Подлинное осмысление значимости этого события — появления авиации — произошло только в 1921 г. Джулио Дуэ, автор знаменитого труда «Господство в воздухе», является первым и самым продуктивным теоретиком военного применения авиации. Своей интеллектуальной, подлинно европейской мощью он оказал огромное влияние на развитие авиации, а многие его прогнозы (и мы на это обратим внимание далее) начали сбываться только через пятьдесят лет. Не ознакомившись с книгой Дж. Дуэ, сегодня нам трудно понять, например, почему такую большую роль в развитии авиации и соответственно интересующего нас моторостроения сыграли полузабытые сегодня, а тогда престижные гонки морской авиации на кубок Жака Шнейдера в период 1913–1931 гг.

Итак, что же Джулио Дуэ писал в 1921 — м, а потом и дополнял написанное спустя пять лет — в 1926 г.?

«Война вспыхнула, когда авиация была еще в пеленках. Высшие военные руководители втянутых в борьбу государств не верили в авиацию; хуже того, большинство из них даже не знало, что такое она собой представляет. Только в Германии имелось некоторое представление о воздушной войне, но, к счастью, Германия была увлечена Цеппелином на ложный путь и верила больше, чем в самолеты, в свои дирижабли, которые не могли представлять собой военные средства. Авиация приняла участие в войне больше благодаря терпимости, чем вследствие

убежденности; больше из почтения к общественному мнению, которое было прозорливее военно-технических авторитетов, чем вследствие убеждения, что она может на что-то сгодиться. Она была полностью предоставлена самой себе; с ней обращались как со службой второстепенного значения, а в Италии одно время она была передана в подчинение главному интендантству! И штабы не замечали ее до тех пор, пока на расположение главных квартир не начали падать бомбы» (*Дж. Дуэ, с. 164*).

Благодаря неожиданности появления авиации буквально накануне мировой войны (Первой) ее возможное применение не нашло отражения в военных планах Тройственного союза и Антанты. Планы в генеральных штабах, как известно, разрабатываются заранее, задолго до войны. Когда же авиация появилась и стала демонстрировать совершенно новые качества в сравнении с имеющимися родами войск, то и тогда ей не придали особого значения. Способность самолета проникать в воздушном неохраняемом пространстве далеко за линию фронта противника, наблюдать с высоты расположение войск противника, оставаясь при этом практически неуязвимым из-за малых размеров и большой скорости в сравнении с дирижаблями, натолкнуло на мысль применения авиации как средства, помогающего применению уже существующих артиллерии, разведки, связи, т. е. хотя и важного, но вспомогательного. Бомбардировочные функции авиации ограничивались малой грузоподъемностью тогдашних самолетов. О возможности воздушных боев или решения авиацией самостоятельных боевых задач и тем более выделения авиации в отдельный вид вооруженных сил со своей стратегией и тактикой тогда вообще никто не задумывался. В общем, тогда это была экзотика. Первые редкие воздушные поединки напоминали рыцарские, да и поведение пилотов во время боя поначалу отличалось благородством, давно уже утраченном к этому времени в массовых армиях, воевавших на земле. К примеру, беззащитного сбитого летчика, спускающегося на парашюте, никто не расстреливал. В одежде боевых летчиков присутствовал элемент рыцарского шика — длинный белый шарф, развевающийся в открытой кабине самолета. Однако скоро все это закончилось.

Новые боевые средства появились, но стратегия и тактика их применения в будущей войне с учетом бурного развития авиационной техники так и остались неразработанными во время и после мировой войны 1914–1918 гг. Этому способствовали многие причины: после победы Антанты и США и разоружения Германии считалось, что минувшая война была последней мировой войной, в мире были сильны пацифистские настроения,

наконец, наступил мир и надо было зарабатывать деньги не на правительственных военных заказах, а на потребительском рынке. Авиация стала развиваться в первую очередь как транспортное средство.

Однако Дуэ уже тогда сделал правильный прогноз развития событий в области боевой авиации: «Германия разоружена в отношении прежних родов войск, и ей запрещено содержать вооруженные силы старого типа. Страна, которая вряд ли сможет примириться с тем, чтобы оставаться слабее других, в силу неизбежности вынуждена искать средства для осуществления своего реванша вне круга тех, которые у нее отняты и ей воспрещены… Появляются признаки, что Германия уже думает об этом, и следует предвидеть, что ей удастся усовершенствовать — с той интенсивностью и серьезностью работы, которые ее отличают, — новые боевые средства в своих научных и опытных кабинетах, где всякий контроль бесполезен» (*Дж. Дуэ, с. 18*). И далее: «Германия, лишенная вооружаться на суше и на море, будет вынуждена вооружаться в воздухе. Это требует весьма ограниченных средств, незначительного числа людей и небольших запасов, причем все это может быть подготовлено, не возбуждая внимания вероятных противников. Столь заманчивая перспектива освободиться с большой легкостью от наложенного на нее ига, несомненно, увлечет Германию на новый путь» (*Дж. Дуэ, с. 54*).

Так оно и вышло. Прошло двадцать лет, и мир изменился кардинально — авиация стала едва ли не главным стратегическим видом вооруженных сил, определяющим победу. Как прозорливо писал Дуэ в 1921 г., «Антанта, чтобы обезопасить себя от возможных германских стремлений к реваншу, поставила Германию в условия, ведущие ее к решительному устремлению на тот путь, который может наиболее верно привести ее к реваншу».

А вот что писал Гитлер своему «другу» Муссолини накануне нападения на Советский Союз:

«…После ликвидации Польши стало очевидно, что Советская Россия продолжает, хотя и с умом и осторожностью, но твердо проводить большевистскую политику экспансии Советского государства. Продолжение войны, необходимой для этой цели, достигается тем, что германские силы на востоке связываются так, чтобы германское командование не могло вести масштабные боевые действия — особенно в воздухе — на западе. Я заявлял Вам, дуче, совсем недавно, что именно успех эксперимента на Крите показал, насколько необходим каждый самолет в гораздо более масштабном проекте против Англии. Может случиться, что в решающей битве мы могли бы выиграть благодаря

превосходству всего лишь нескольких эскадрилий. Я не буду колебаться ни минуты, чтобы взять на себя такую ответственность, если, не говоря о прочих условиях, я по меньшей мере имел бы уверенность, что я не буду атакован или хотя бы не буду иметь угрозу нападения с востока.

Концентрация русских сил — я поручил генералу Йодлю передать последнюю карту вашему атташе генералу Марасу — огромна. Фактически все имеющиеся российские силы расположены на нашей границе. Более того, с наступлением теплой погоды продолжились оборонительные работы. Если обстоятельства заставят меня использовать германские воздушные силы против Англии, то существует опасность, что Россия начнет свое продвижение на юг и север, на которое я не смогу реагировать просто из-за недостатка авиации. Для меня было бы невозможно атаковать русские укрепления дивизиями, расположенными на востоке, без авиации… Гитлер, 21 июня 1941 г.».

Несомненно, что именно Джулио Дуэ внес наибольший вклад в понимание будущей роли рождающейся боевой авиации. Каковы же основные тезисы «доктрины Дуэ»?

1. С появлением авиации традиционное понятие тыла исчезает. Продвижение сухопутных вооруженных сил по поверхности земли ограничивается рельефом местности, ее проходимостью и все более совершенствующимися укреплениями противника. Можно заранее определить наиболее опасные направления удара противника и построить здесь оборону на удобных естественных рубежах (реки и т. п.). Невозможно проникнуть в тыл, предварительно не взломав линию обороны. Невозможно поражать цели вне пределов дальнобойности артиллерии, поэтому поле сражения сухопутных сил локализовано в пространстве. Поэтому в течение столетий сражения происходили почти в одних и тех же географических местах.

Далее Дуэ пишет: «Во время мировой войны, хотя она глубоко захватила все народы, положение было таково, что, пока меньшая часть граждан сражалась и умирала, большинство жило и работало, чтобы снабдить меньшинство средствами для военных действий. И все это могло иметь место потому, что невозможно было перейти боевые линии, не разбив их предварительно. Теперь все это отпадает, потому что в настоящее время возможно проникнуть за линии, не разбив их предварительно. Такой способностью обладает летательный аппарат» (*Дж. Дуэ, с. 21*).

2. С появлением авиации наступательные возможности стали превосходить традиционные оборонительные. Перед

мировой войной в генеральных штабах господствовала наступательная доктрина как в странах Антанты, так и в Тройственном союзе. Исходили из того, что развитие мощи огнестрельного вооружения содействует наступлению. На практике все оказалось наоборот. В мировую войну все наступления оказались беспрецедентными по числу потерь, а артподготовку перед наступлением приходилось проводить неделю и более. Таким образом, «всякое усовершенствование огнестрельного оружия дает преимущества оборонительному образу действий, так как последний (*с помощью оборонительных средств — доты и т. п. — А. В.*) позволяет дольше сохранять боеспособность своего оружия и повышать его эффективность».

Будущая война будет иметь совершенно другой характер. Противник просто не будет иметь времени выстроить необходимую оборону на всю глубину территории.

3. Для защиты от воздушного нападения требуется больше сил, чем для самого нападения. Самолет является идеальным наступательным оружием. Скорость и возможность перелета самолета по любому воздушному пути независимо от географии обеспечивает нападающему столь важную для успешного наступления инициативу. Соединение боевых самолетов может быть быстро сосредоточено на любом участке театра военных действий скрытно от противника, обеспечив внезапность нападения на выбранный пункт атаки. Противник, исповедующий оборонительную стратегию, находится в затруднительном положении, неспособный организовать противовоздушную оборону необходимой интенсивности для гарантированной защиты на большом пространстве. Атаке подвергается локальная цель, а оборона должна быть рассредоточенной.

«Сколько пушек оставалось в течение долгих месяцев и даже целыми годами с раскрытыми к небу пастями в нервирующем ожидании неприятеля, который мог бы появиться? Сколько самолетов воздушной обороны поглощали людей и материальные средства, не получив даже никогда случая для попытки оборонительных действий? Сколько людей, после долгого и напрасного наблюдения за небом, забывалось сладким сном?» (*Дж. Дуэ, с. 33*).

Для того чтобы помешать неприятелю произвести на нас нападение с помощью своих воздушных сил, не существует иного практического средства, как только уничтожить его воздушные силы. Господство в воздухе — вот средство от воздушного нападения противника.

Здесь Дуэ проводит аналогию с морскими силами, отмечая

тот факт, что эффективной защитой протяженного побережья является не рассредоточенная береговая оборона, а обеспечение господства на море.

4. Эффективность воздушных бомбардировок существенно выше в сравнении с артиллерией. Во-первых, это объясняется более эффективным соотношением массы взрывчатого вещества к массе авиационной бомбы в сравнении с артиллерийским снарядом: бомба просто падает с высоты, а снаряд выстреливается из пушки под большим давлением. Поэтому бомба к тому же делается из более дешевых материалов, для ее изготовления не требуется высокоточной механической обработки. Во-вторых, бомбардировке подвергаются слабозащищенные цели: заводы, города, электростанции, транспортные узлы. Бомбардировка должна планироваться так, чтобы цель была уничтожена за один раз. Для этого уже существует эффективная технология последовательного бомбометания: вначале фугасными бомбами для максимального разрушения, затем — зажигательными и, наконец, химическими с отравляющими веществами для препятствия тушению пожаров.

Джулио Дуэ сформулировал и количественные критерии для определения размера тактического бомбардировочного соединения. Он исходил из того, что наиболее часто встречающиеся цели имеют диаметр 500 метров. Для полного уничтожения цели за один вылет необходимо 10 тонн взрывчатки, имея в виду, что 100-килограммовая (по массе взрывчатки) бомба производит полное разрушение в радиусе 25 метров. Учитывая, что масса снаряженной бомбы примерно в два раза больше массы взрывчатого вещества, суммарная масса бомбовой нагрузки для достижения цели составляет 20 тонн. В качестве типичной грузоподъемности бомбардировщика Дуэ принимал значение 2 тонны. Следовательно, тактическая бомбардировочная единица (эскадрилья) должна состоять из 10 самолетов. Остается только научить летчиков и штурманов прицельному бомбометанию. В наше время эта задача существенно облегчилась благодаря созданию высокоточного оружия — бомб с наведением на цель.

«Эта наступательная мощь по своему масштабу настолько превышает наступательную мощь всех остальных известных боевых средств, что при сопоставлении эффективность последних становится почти не заслуживающей внимания. И эта наступательная мощь, возможности появления которой 15 лет назад даже никто не предвидел, имеет тенденцию расти с каждым днем, так как крупные летательные аппараты быстро совершенствуются, а эффективность взрывчатых, зажигательных и в особенности отравляющих веществ непрерывно возрастает…

через некоторое время будут существовать самолеты, могущие перевозить свыше 10 тонн полезной нагрузки, т. е. груз бомб, равный или превосходящий залп дредноута» (*Дж. Дуэ, с. 39, 42*).

Не правда ли, что при чтении трактата Дуэ возникает ощущение, что он написан не в 1921 г. (а главные идеи были изложены им еще в 1910 г.!), задолго до массированного применения авиации и ужасающих бомбежек Сталинграда, Дрездена и совсем недавно Белграда (не говоря об атомных бомбардировках Хиросимы и Нагасаки), а буквально в наше время?

5. «Завоевать господство в воздухе — значит победить, а потерпеть поражение в воздухе — значит быть побежденным и вынужденным принять все те условия, какие неприятелю угодно будет поставить» (*Дж. Дуэ, с. 45*).

Но содержание «доктрины Дуэ» не исчерпывается этими основными положениями. Не менее содержательными являются и следствия, логически выведенные Дуэ из этих положений. Классический пример получения нового знания посредством логического вывода! Доктрина Дуэ завоевала большую популярность. Судя по всему, с ней был знаком и Троцкий, советский наркомвоен в начале 1920-х гг. Еще в 1925 г. он говорил: «Если мы хотим жить, дышать, мы должны иметь сильную авиацию».

Итак, что же дальше? А дальше следует необходимость создания воздушной армии для решения главной задачи завоевания господства в воздухе и определения облика будущего самолета воздушного боя. Именно Дж. Дуэ первым сформулировал понятия воздушной армии и, как мы увидим далее, самолета воздушного боя.

Под воздушной армией Дуэ понимает независимую от сухопутных и морских сил организацию воздушных сил государства. Главной целью воздушной армии является не поддержка операций сухопутных или морских сил, а уничтожение авиации противника. Далее Дуэ проводит сравнение с технологией уничтожения нежелательных пород птиц, отмечая, что наиболее эффективным методом этого является не уничтожение птиц, когда они находятся в воздухе, а уничтожение гнезд и отложенных яиц. Так и здесь «наиболее действенным средством для уничтожения неприятельских летательных аппаратов является не нападение на них в воздухе, но разрушение расположенных на земле целей, с которыми они тесно связаны» (*Дж. Дуэ, с. 60*).

Исходя из этого, первоначально Дуэ пришел к выводу о необходимости двух типов воздушных эскадр (и самолетов): бомбардировочной для поражения наземных целей и

истребительной, состоящей из самолетов воздушного боя, для «очистки» воздушного пространства от самолетов противника. На его вывод, безусловно, повлияло состояние тогдашней авиационной техники и вооружения. Истребители (или, как их называли тогда, «охотники») того времени имели слабое вооружение для боев на дальних дистанциях, а при воздушных поединках в ближнем бою главными факторами успеха были маневренность и скорость разгона — набора, которые ограничивали размеры и массу самолета, не позволяя его использовать в том числе и в качестве бомбардировщика из-за недостаточной бомбовой нагрузки. То есть во времена Дуэ эффективный универсальный истребитель-бомбардировщик еще не мог быть создан.

Только через 50 лет с развитием техники (газотурбинных двигателей, бортового управляемого ракетного вооружения, радаров, бортовых компьютеров, высокоточного оружия большой мощности и т. д.) появилась возможность создания настоящего универсального самолета воздушного боя, типичным примером которого сегодня является Су-30. В сравнении с самолетами «эпохи Дуэ» и «пост-Дуэ» Су-30 превосходит их по массе в «разы». Масса Су-30 составляет 30 тонн, а масса «тяжелых» двухмоторных истребителей-бомбардировщиков «Мессершмитт-110» и «Петляков-2», ближе всего подходящих под классификацию Дуэ универсального боевого самолета, составляет соответственно 6,3 тонны и 8,7 тонны. Об этом подробнее мы будем говорить далее.

Тем не менее, логически рассуждая о функциях «охотников» и бомбардировщиков, Дуэ уже в 1926 г. пришел к выводу о сходстве многих из них и тем самым о возможности создания универсального истребителя-бомбардировщика. Это был поистине инновационный вывод. Более того, Дуэ попытался обрисовать облик этого самолета будущего, исходя из выполняемых им функций и истребителя, и бомбардировщика. И здесь мы видим много интересного.

Но вначале несколько слов о характере тактики будущей воздушной войны, которую анализировал Дж. Дуэ. Он пришел к следующим выводам: «Воздушную войну следует развивать с максимальной интенсивностью, начиная ее немедленно по принятии решения о военных действиях. Следовательно, воздушная армия должна быть всегда готова и подготовлена к введению в дело, а после начала активных действий она должна быть в состоянии развивать их без перерыва, вплоть до завоевания господства в воздухе» (*Дж. Дуэ, с. 177*). Интенсивность воздушного нападения на начальном этапе войны определяет и средства воздушного нападения: воевать придется

тем, что есть на момент начала военных действий. То есть новые разрабатываемые самолеты не успеют поучаствовать в решающей воздушной битве за господство в воздухе, поэтому на них не надо и рассчитывать. Учитывая, что воздушная мощь в сильной степени зависит от авиационной инфраструктуры (авиационные и нефтеперерабатывающие заводы, летные училища и т. д.), которая представляет собой главную цель для авиации противника, необходимо располагать ее объекты-цели так, чтобы не содействовать разрушению их неприятелем. То есть или располагать их на значительном удалении от линии фронта (как это было сделано в СССР), или в укрытии, например под землей (Германия).

Далее Дуэ заключает, что будущая воздушная война будет вестись воздушными армиями, стремящимися нанести максимальный урон воздушной мощи противника, «не думая об уроне, который неприятель может в свою очередь нанести нам». Отсюда следует парадоксальный (в смысле: не имеющий аналога в истории войн) вывод: будущая воздушная битва будет состоять только из нападений фактически без какой-либо обороны.

Тогдашняя реальность оказалась несколько иной — развитые и оказавшиеся сравнительно недорогими средства противовоздушной обороны «смазали» чистоту полученного Дж. Дуэ вывода. Но спустя всего тридцать лет, в эпоху ракетно-ядерного оружия, неслыханная доселе концепция войны, состоящей только из нападений (фактически без дорогостоящей и технически чрезвычайно сложной противоракетной обороны), полностью реализовалась. При всегда ограниченных ресурсах дешевле нарастить ударную силу, чем строить глобальную ПРО, пребывающую в бездействии и постоянно морально и физически стареющую. Таким образом, концепция воздушной войны Дж. Дуэ оказалась полностью жизнеспособной применительно к космической войне. Вот уж где поистине «тыла, товарищи, не будет», — как говорил нам офицер военной кафедры политехнического института, где автор этих строк в начале 1960-х гг. осваивал военную специальность командира взвода управления батареи оперативно-тактических ракет.

Но вернемся к авиации. Исходя из разработанной им концепции воздушной войны, Дж. Дуэ сформулировал следующие требования к будущему самолету воздушного боя. Самолет воздушного боя должен обладать в максимальной степени, совместимой с требованиями техники, следующими четырьмя свойствами: вооруженностью, защищенностью, скоростью, радиусом действия. Очевидно, что все эти требования противоречивы, конфликтны, т. е. необходимо искать компромисс

или оптимум сочетания этих характеристик. Это — типичная задача оптимизации любых сложных систем. В конечном счете задача сводится к оптимальному распределению массы самолета между подсистемами, обеспечивающими эти свойства. Как мы уже видели раньше на примере сравнения масс самолетов разных поколений Су-30 и Ме-110, на каждом новом этапе развития авиации эту задачу приходится решать заново. Очевидно, что масса самолета определяется в первую очередь исходя из заданного радиуса действия и «полезной» нагрузки (т. е. вооружения). Известна знаменитая формула Бреге для определения дальности полета самолета. Хотя автор избегает применения математических формул в настоящей книге, но без некоторого минимума их в наиболее фундаментальной части описания технических систем все же не обойтись.

Итак, формула дальности полета самолета как тела переменной массы:

$$L = KHr\eta lnG,$$

где L — дальность; К — аэродинамическое качество самолета (отношение подъемной силы к силе сопротивления); Н — теплотворная способность топлива; η — кпд двигателя; G — отношение масс самолета в начале и конце полета. Если принять следующие значения К = 12 (для сверхзвукового самолета на дозвуковой скорости), Н = 43 Мдж/кг (для углеводородных топлив), η = 0,25, G = 1,3, то получится дальность самолета, примерно равная 3000 км. Аэродинамическое качество самолета, кпд двигателя и отношение масс самолета определяется уровнем развития техники (достижениями аэродинамики, видом конструкционных материалов, реализуемыми параметрами двигателя, наконец, инженерным искусством). На каждом этапе развития техники эти величины статистически известны. Таким образом, задавая дальность, мы получаем соотношение масс снаряженного и пустого самолета. Если в свою очередь боевая нагрузка задана, то можно определить общую массу самолета и приступить к балансированию масс, распределяя их между подсистемами самолета. Одной из важнейших подсистем самолета является система защиты, включающая в себя кроме вооружения и электронное противодействие средствам ПВО, и ложные цели для инфракрасных головок самонаведения ракет ПВО.

Применительно к Су-30 (дальность 3000 км с внутренними баками и 5200 км с одной дозаправкой в полете) раскладка масс

выглядит следующим образом:

• Топливо: нормальная заправка 5000 кг (20 % взлетной массы), максимальная (с подвесными баками) — 9400 кг.

• Боевая нагрузка: 8000 кг (30 % взлетной массы),

• Двигатели: два АЛ-31Ф общей массой 3060 кг (12 %).

Таким образом, половину массы самолета составляет топливо и боевая нагрузка.

Рассматривая последовательно все требования к боевому самолету, Дж. Дуэ пришел к выводу, что «все данные, за исключением вооружения, должны быть одинаковы у самолета воздушного боя («охотника») и у бомбардировочного самолета» (*Дж. Дуэ, с. 187*). И далее: «Поэтому со всех точек зрения выгодно, чтобы воздушная армия представляла собой однородную массу боевых самолетов или, иначе говоря, самолетов, соединяющих в себе способность вести бой в воздухе и нападать на наземные цели» (*Дж. Дуэ, с. 189*). Для того времени это был революционный вывод, но реализация его затянулась на пятьдесят лет.

Дж. Дуэ отметил и еще один важный фактор — необходимость эластичности основных данных самолета, т. е. способности самолета простым изменением конфигурации приспосабливаться к выполнению различных задач. Речь идет о возможной смене вооружения, подвесных баках и — сегодня уже можно добавить, наличии системы дозаправки в воздухе от специального самолета-танкера. По сути, именно Дж. Дуэ впервые сформулировал понятие боевой платформы, на которую могут быть навешаны различные типы оружия.

Итак, как пишет Дж. Дуэ: «Подобный (*универсальный боевой. — курсив А. В.*) самолет должен быть самолетом тяжелого типа, чтобы иметь возможность обладать в достаточной степени требуемыми данными в отношении вооружения, защиты и радиуса действия; многомоторным, чтобы иметь достаточную мощность и надежность; обладающим средней скоростью (при полете на дальние расстояния, — курсив А Б.)». Именно такие самолеты мы и видим сегодня в передовых ВВС (F-22 «Raptor» Локхид-Мартин в США и Т-50 в России). К идеалу боевого самолета, как его понимал Дж. Дуэ, технический прогресс шел пятьдесят лет. От «Мессершмитта-110» через «Фантом F-4» к Су-30 и «Рэптору» или Т-50. Мы рассмотрим этот путь далее в специальной главе, посвященной самолету воздушного боя.

А вот далее Дуэ «перегнул палку» в стремлении к универсальности: «Поскольку воздушная армия должна быть в состоянии действовать всей массой как над сушей, так и над морем, «боевой» самолет должен принадлежать к типу амфибий»

(*Дж. Дуэ, с. 191*). Именно авторитет Дуэ оказал существенное влияние на развитие гидроавиации в 1920-е гг. До тех пор, пока не убедились, что гидросамолеты неспособны соревноваться по ряду характеристик с обычными «охотниками» с убирающимся шасси, в первую очередь по скорости, гидроавиация занимала большую долю опытных разработок в мире. И здесь мы вспоминаем о знаменитых в свое время гонках гидросамолетов на приз Шнейдера.

Шнейдер, выходец из знаменитой семьи промышленной группы Шнейдер — Крезо («французский Крупп»), был любителем авиации, в частности гидроавиации. Для стимулирования ее развития еще до мировой (1914–1918) войны он учредил приз своего имени. Начавшись как любительские, эти ставшие престижными соревнования в 1920-е гг. в свете доктрины Дуэ превратились в смотр достижений авиации и не в последнюю очередь авиационного моторостроения, так как скорость гидросамолета в большой степени зависела от мощности мотора. Если до 1925 г. на самолеты, участвующие в гонках, ставили серийные моторы, то начиная с 1925 г. гонки гидросамолетов превратились в аналог «Формулы-1». Для этих самолетов моторы разрабатывались специально. Первый «гоночный» мотор разработала итальянская фирма «Фиат». Применив антидетонационные присадки, итальянские конструкторы повысили степень сжатия мотора до 8, форсировали число оборотов и повысили мощность с 450 л.с. до 800 л.с. С этим мотором Италия выиграла кубок Шнейдера в 1926 г. Дальше по этому же пути пошли англичане: фирма «Нэпир и сын» в 1927 г. довела степень сжатия в своем моторе «Lion Racing», т. е. «Гоночный Лев», модификация «Льва», до 10. При этом были повышены обороты до 3200 об/мин и соответственно мощность с 550 л с. до 875 л с. В 1928 г. мощность этого мотора была увеличена до 1200 л.с. В последних гонках англичане поставили на свой самолет специально подготовленный (форсированный по мощности за счет сильного наддува) для рекорда знаменитый некогда мотор «R» небывалой для тех лет мощностью в одном агрегате 2000 л.с. (1929 г.), а затем и 2600 л.с. (1930 г.).

Опыт рекордных гонок оказался очень полезным для последующего развития моторостроения в странах-участниках. Уже после того как гонки на кубок Шнейдера прекратились, в 1932 г. «Фиат» создал сдвоенный 24-цилиндровый мотор AS-6 мощностью 3200 л с. и рекордной удельной мощностью свыше 3 л.с./кг. Особенностью этого мотора было применение редуктора с двумя концентрическими валами и двух противоположно вращающихся винтов. В однорядном винте такую мощность снять

было бы затруднительно. С этим мотором на гидросамолете (!) «Макки» итальянцы установили в 1934 г. мировой рекорд скорости 709 км/час, продержавшийся пять лет до 1939 г., когда его побил германский «Мессершмитт-209», сконструированный специально для рекорда скорости, включая и мотор с испарительным охлаждением (без создающего сопротивление радиатора).

Неслучайно, что в этих гонках активное участие принимали итальянцы, соотечественники своего знаменитого теоретика. Символично, что совсем недавно, в октябре 2009 г., премьер-министр Италии Сильвио Берлускони совершил полет на российском большом современном гидросамолете Бе-200, выжившем реликте гидроавиации. Именно в Таганроге работало КБ под руководством итальянского авиаконструктора Бартини. Бе-200 — это его школа.

Если итальянцы рассматривали гидроавиацию в перспективе ее боевого применения, то в США актуальность гидросамолетов мотивировалась необходимостью трансокеанских перелетов, для чего необходимо было предусмотреть возможность посадки на воду. Поэтому в США в первую очередь проектировались большие транспортные гидросамолеты. Так, в 1935 г. на четырехмоторном (моторы воздушного охлаждения «Пратт-Уитни» «Twin Wasp» — «Оса-близняшка», двухрядная звезда мощностью по 835 л.с.) гидросамолете «Мартин 130» «Клиппер» начались транстихоокеанские перелеты. Скорость «Клиппера» была 260 км/час.

Эпоха увлечения гидросамолетами нашла свое отражение в хронологии гонок на приз Шнейдера (1913–1931). Почти двадцать лет — это обычная длительность фазы подъема инновационной волны. Однако в случае гидроавиации эта волна развития авиации оказалась не доминирующей, а специализированной, нишевой с малым объемом рынка.

Ниже представлена справка официальных победителей гонок на приз Шнейдера [47].

Год	Место проведения	Самолет-победитель	Страна-победитель	Скорость км/ч	Примечание
1913	Монако	Deperdussine Monococque	Франц.	73	
1914	Монако	Sopwitch Tabloid	Великобр.	139	
1919	Борнмут, Великобритания				Победитель дисквалифиц.
1920	Венеция	Savoia S.12	Италия	70	Участники — только Италия
1921	Венеция	Macchi M.7bis	Италия	189	Участники — только Италия
1922	Неаполь	Supermarine Sea Lion	Великобр.	234	
1923	Остров Уайт, Великобритания	Curtiss CR-3	США	85	
1925	Балтимор, США	Curtiss F3C	США	374	
1926	Хэмптон Роудс, США	Macchi M.39	Италия	396	
1927	Венеция	Supermarine S.5	Великобр.	453	
1929	Кэлшот Спит, Великобритания	Supermarine S.6	Великобр.	528	
1931	Кэлшот Спит, Великобритания	Supermarine S.6B	Великобр.	547	

Как видно из таблицы, начиная с 1925 г., лидерами становятся авиационные фирмы США (Кертис), Италии («Макки», т. е. Марио Кастольди) и Великобритании (Супермарин — конструктор Митчел). Эти фирмы создадут и удачные боевые самолеты, которые будут участвовать во Второй мировой войне.

Гонки сыграли-таки свою историческую роль — в мире появились мощные, а вскоре и надежные авиамоторы. Надежность авиамоторов была главной проблемой тогдашней авиации. «Надежность» как девиз даже вошла в качестве составляющей торговой марки новой тогда (1925 г.) моторной фирмы «Пратт — Уитни Эйркрафт». На ее круглом гербе с летящим орлом посередине внизу есть слова «Dependable Engines» («Надежные

Двигатели»). А все-таки неофициально в гонках на приз Шнейдера в конце концов победили итальянцы.

«ВОЙНА МОТОРОВ»

История русской авиации, как известно, начинается с Можайского, спроектировавшего первый русский самолет в 1883 г. Однако реальные самолеты появились в России в начале XX века после успеха братьев Райт (1903 г.) и особенно после перелета Блерио через Ла-Манш (1909). По тем временам этот перелет был сродни полету в космос. И. И. Сикорский и Д. П. Григорович были первыми русскими авиаконструкторами, самолеты которых приняли участие в Первой мировой войне. Успешно или нет— это другой вопрос. В основном же в армии использовались французские самолеты, поступавшие через Архангельск. Известно, что недостаточная воздушная поддержка брусиловского наступления 1916 г. помешала занять его оперативную цель Ковель. Интенсивность воздушных боев на Русском фронте была ниже, чем на Западном. Лучшие асы Первой мировой (*Рихтгофен — Германия, Мэннок — Великобритания, Рене Фонк — Франция*) одержали по 70–80 воздушных побед, в то время как лучший русский ас штабс-капитан А. А. Казаков сбил в воздушных боях 17 самолетов противника, а австро-венгерский летчик капитан Брумовски — 35.

Тем не менее «Илья Муромец» (ИМ-Б) Сикорского был первым в мире многомоторным бомбардировщиком, принятым на вооружение в 1914 г. Сикорский же разработал и истребитель С-16 (1915 г.) для его сопровождения. Григорович разработал удачный гидросамолет — морской ближний разведчик МБР-2.

Следующий слой авиаконструкторов в России, создавших инженерную школу— это Н. Н. Поликарпов, И. Гуревич, А. Н. Туполев и П. О. Сухой. Эта школа базировалась еще на дореволюционном инженерном образовании. Советская власть лишь предоставила этой генерации конструкторов необходимые ресурсы для развития такой инновационной волны XX века, как авиация.

Как и всякая инновационная волна, авиация пережила период бурного количественного роста (фаза А — «изобретатели») действующих акторов (как конструкторов, так и фирм) (1910–1940 гг.), период качественного расцвета (1970-е гг.) («плато» — «инженеры») и период эпигонов (фаза Б после 1980 г. — «менеджеры»). Обычно волна имеет период около 50 лет, но в случае с авиацией инновационная волна была «двугорбой»: первый пик обусловливался зрелостью развития поршневых двигателей (1930-е гг.), а второй пик (1960-е гг.) — газотурбинных. Соответственно явились миру «поршневая» и

«реактивная» авиация. Поэтому общий период этой двугорбой волны растянулся почти на 100 лет. Сегодня мы находимся в зрелой фазе примата технологии перед творчеством, которое определяло начальный период подъема инновационной волны. В начале XXI века мы видим, что формируется новая инновационная волна в развитии авиации — беспилотные самолеты и вертолеты на основе синтеза авиационной и информационной технологий.

Сегодня личные качества главного конструктора уже не играют такой большой роли, успех определяет «сумма технологий», т. е. создание самолета стало технологическим процессом. В истории это обычно продолжение эпохи эпигонов. Творчество трансформируется в менеджмент, количество фирм минимизируется, так как выиграть в технологической конкуренции можно только за счет концентрации ресурсов, окно возможностей (появление новых типов) уменьшается. В этой фазе вероятность появления новых акторов мала: слишком высокий финансовый порог входа на рынок. «Кто не успел — тот опоздал». Россия успела, не опоздать бы с продолжением. В России примерами долгой жизни (большая редкость из-за жестокой конкуренции) в авиации могут служить А. Н. Туполев и П. О. Сухой, прошедшие через все фазы ее развития.

Историю авиации и инновационные результаты ее развития в России можно было бы изобразить в виде генетической схемы поколений. Центрами создания авиации в России были, естественно, Петербург (И. Сикорский — «Руссо-Балт» и Д. П. Григорович) и несколько позже Москва (А. Н. Туполев — ЦКБ при ЦАГИ, организованном по инициативе Н. Е. Жуковского). Из школы Сикорского вышел Поликарпов, позднее вместе с Гуревичем и Григоровичем давшие развитие истребительной (Микоян и Гуревич, Лавочкин) и гидроавиации (Бериев). А из школы Туполева — С. В. Ильюшин и П. О. Сухой, сделавший эпоху в истребительной авиации с газотурбинными двигателями. Сам Туполев был, как известно, конструктором «бомберов», а позже и пассажирских самолетов. Ответвлением туполевского КБ было бомбардировочное КБ Петлякова, после его смерти возглавлявшееся Мясищевым.

Отдельно надо упомянуть и вертолетную школу Камова (1902–1973) и бывшего во время войны его заместителем по серийному производству Миля (1909–1979), созданную еще в конце 1920-х гг. Как говорят, само слово «вертолет» было придумано Камовым. Автожир (или винтокрыл) Камова применялся еще во время Великой Отечественной войны в качестве корректировщика артиллерийского огня. Тяжелые

десантные планеры, применявшиеся во время войны, проектировал известный авиаконструктор Цыбин в своем КБ.

На этой схеме можно было бы увидеть и побочные влияния на развитие российской авиации: приглашение в 1930-е гг. иностранных специалистов по гидроавиации Бартини из Италии и Поля Ришара из Франции. Как мы отметили в предыдущей главе, это не было случайностью — гидроавиация была фаворитом в 1920-е гг. Ожидалось, что у нее большое будущее.

Уже в конце 1930-х гг., когда обозначился пик развития поршневой авиации, появился и первый слой «менеджеров» преимущественно из военной и министерской среды, претендовавших на почетное и престижное (в том числе из-за любви Сталина к авиации) звание «авиаконструктор». И до и после войны в СССР активно осваивался и самый передовой в мире американский и немецкий опыт в самолетостроении и создании авиационных двигателей, без которого создать конкурентоспособную отечественную авиацию было бы невозможно. В свое время (1950-е гг.), например, конструктор Березняк был известен как «Березняк из Подберезья», где работали немецкие специалисты из фирмы «Юнкерс» (Бааде).

В 1960 г., когда началась инновационная волна развития космической техники, два крупных авиационных предприятия (Лавочкина и Мясищева) были перепрофилированы на космическую тематику. Так появились известные сегодня НПО им. Лавочкина в Химках и завод им. Хруничева в Филях. А КБ Цыбина незадолго до этого было поглощено Мясищевым (сам Цыбин стал работать у Королева зам. главного конструктора по военному космосу).

Сегодня во главе прославленных фирм стоят люди, уже совершенно безвестные, менеджеры второго и третьего поколений, реальным конструированием занимаются компоновщики, неизвестные широкому кругу людей. Современный процесс создания самолетов (включая интриги и борьбу конструкторов с менеджерами, желающих непременно быть «конструкторами») очень хорошо описан в недавно вышедшей книге воспоминаний О. Самойловича о его работе с П. О. Сухим.

В результате столетней истории авиации в российский актив можно записать такие реализованные, существующие и сегодня инновации мирового уровня, как «интегральный планер» Су-27, вертолет с соосными винтами Ка-50, самолет-амфибию А-40 с газотурбинными двигателями, самый большой грузовой самолет рампового типа Ан-124, самый грузоподъемный вертолет Ми-26, дальний скоростной (3000 км/час) самолет-перехватчик МиГ-31,

многоцелевой стратегический бомбардировщик Ту-160. Урожай солидный. Даже одним таким самолетом любая страна может гордиться.

Чтобы создать самолет, кроме планера с его системами, необходимо еще и сделать двигатель. Авиационный двигатель — это пример настоящей «высокой технологии»: он должен иметь большую мощность и при этом малый вес, высокую надежность и хорошую экономичность (а в наше время еще и экологичность по уровню шума и вредным выбросам). Как же развивалась отечественное авиационное моторостроение?

Вторую мировую войну справедливо называли будущей «войной моторов» еще до того, как она разразилась. Ни Первая, ни будущая Третья мировые войны такого названия не имели и иметь не будут по простым причинам: Первая мировая — из-за тогдашней слабой моторизации вооруженных сил воюющих сторон, а к моменту времени будущей Третьей «моторизация» уже прошла свой пик инновационного развития и тем самым едва ли окажет существенное влияние на развитие боевых действий. Темп военных действий в будущей войне будет определяться не скоростью «движения» танков и самолетов, а скоростью получения информации: оружие первого удара уже и так находится в постоянной боевой готовности и его успешное применение от «моторизации» не зависит.

Война показала, что одним из ключевых факторов Победы оказалась авиация. Истребители Як-9, Ла-5 и штурмовик Ил-2 сыграли здесь главную роль. С 1944 г. успешно воевал и бомбардировщик Ту-2. Но технологически победа была обеспечена на фронте массового производства авиационных моторов для этих самолетов. Нужно иметь в виду, что 80 % цены (и, соответственно, стоимости) самолета того времени (И-16) составляла цена (стоимость) мотора (М-25А) [41]. Стоимость авиамотора (того же М-25А) примерно была равна стоимости легкого танка (Т-26). Да и сегодня цена (стоимость) авиационного двигателя и современного танка также имеют один порядок.

Для истории Второй мировой войны имеет смысл дать хотя бы краткое представление о «войне моторов», или, с учетом решающего влияния авиации на ход боевых действий, о «войне авиамоторов». Если во множестве книг о Второй мировой войне, вышедших за последнее десятилетие, достаточно полно представлены основные типы вооружений (танки, самолеты, пушки и т. д.) разных стран, то, как ни странно (а может быть, и не странно), об авиамоторах этой эпохи не только у широкого читателя, но и у любителей военной истории и техники имеется смутное представление. Что такое авиамотор? Почему его трудно

создать и практически невозможно скопировать по имеющемуся образцу без полного комплекта технической документации, а зачастую и технической помощи разработчиков? Кто были родоначальники конструкторских школ авиамоторов в разных странах? Как транслировались по миру технические достижения в авиамоторостроении? Кто победил в «войне моторов»? Как ни странно, на эти простые вопросы ясные ответы практически отсутствуют, несмотря на их историческую значимость. Это, в свою очередь, приводит к упрощенным представлениям не только о развитии авиации и истории техники, но и об истории вообще.

Война моторов — это соревнование национальных технологий, выразившееся в уровне развиваемых мощностей. Ведь мощность напрямую связана со скоростью самолета и его вооруженностью (оружие, броневая защита, боезапас): чем больше мощность мотора, тем эти характеристики выше. При этом, конечно, необходимо делать мотор «легким», иначе прирост мощности не приведет к повышению боевых возможностей самолета. Именно в этом и заключается искусство создания авиамотора: сочетание большой мощности, малой массы и высокой надежности — ведь речь идет об авиации.

Авиационный мотор (хоть поршневой, хоть газотурбинный) является прецизионным изделием: микронные точности изготовления здесь — не новость. Дело в том, что двигатель имеет две основных части: ротор и статор и именно зазоры между вращающимся с большой скоростью ротором и неподвижным статором определяют эффективность двигателя из-за больших перепадов давления в этих зазорах. Если при этом иметь в виду, что зазоры зависят от теплового расширения сопрягающихся деталей, то в тепловом двигателе (преобразователе теплоты в работу) проблема стабилизации зазоров является очень сложной в решении. Не говоря о больших силовых, механических (в том числе динамических) нагрузках и, следовательно, деформациях.

Теперь рассмотрим процедуру возможного воспроизведения «украденного» или купленного образца двигателя и возникающие при этом проблемы. Понятно, что первым шагом является разборка и обмер деталей — это просто.

Затем — идентификация материалов. Если состав может быть «легко» определен спектральным способом, то при исследовании структуры материала уже могут возникнуть сюрпризы, например структура может оказаться неравноосной (направленной кристаллизации или даже монокристаллической), да еще и модифицированной какими-либо редкоземельными элементами.

О композиционных материалах и говорить нечего. То есть воспроизведение подобной структуры материала требует

разработки неизвестного специального техпроцесса и неизвестного спецоборудования, которого может просто не быть у занимающегося этим делом. Даже с «обычным» материалом может возникнуть проблема, как, например, при создании АШ-73ТК по замыслу копии двигателя для В-29. Оказалось, что лопатки турбокомпрессора наддува на американском двигателе сделаны из жаропрочных сплавов на основе кобальта, которого в СССР просто нет в нужном количестве.

Далее, оказывается, что именно поверхностный слой основных деталей определяет долговечность двигателя, а получение нужной для этого структуры поверхностного слоя полностью определяется применяемой технологией изготовления, которая неизвестна (ведь технологической документации нет). Технология содержит много переходов, требует определенных режимов обработки, сложной неизвестной траектории режущего инструмента. Наконец, в заключение на поверхность наносятся специальные многокомпонентные покрытия и тоже по специальной технологии (температурный режим, выдержка и т. д.), которая тоже неизвестна. Наконец, примененные техпроцессы сварки и пайки тоже неизвестны. А если применялись новые техпроцессы, как например электронно-лучевая сварка? Тогда нужно начинать разрабатывать все с нуля.

Замена материалов, упрощение техпроцессов тянет за собой и изменение конструкции, а это — изменение силовой схемы двигателя, нагрузок и необходимость доводочных работ без гарантии результата.

Наконец, после обмера деталей и синтезирования технологии встает отнюдь не простая проблема: а какова допустимая точность изготовления множества деталей, работающих сопряженно, в системе? По условиям задачи у нас нет этой информации: ведь мы имеем один образец и не имеем статистики разброса размеров при изготовлении. Допуски на изготовление, гарантирующие работоспособность конструкции, являются результатом длительной доводки и эксплуатации и потому составляют настоящее ноу-хау. Может оказаться, что мы не сможем обеспечить требуемую точность изготовления на имеющемся оборудовании. Известно, например, что немецкие топливные насосы и форсунки для дизелей фирмы MAN (Машиностроительный завод Аугсбург — Нюрнберг) практически невоспроизводимы вне их родины из-за прецизионности процессов изготовления. Известна и история лицензионного производства английского «Мерлина» в США на автомобильной фирме «Паккард» (выпущено 55 тыс. моторов), когда даже при наличии техдокументации пришлось американцам вызывать на

помощь не только английских инженеров, но и рабочих при освоении мотора.

Наконец, со всеми проблемами справились, мотор воспроизвели, он начал свою жизнь на самолете. И тут вскоре возникает проблема, которую просто копиист никак не сможет решить. Любой мотор постоянно проходит модернизацию — увеличивается его мощность, на основании опыта эксплуатации вносятся изменения в его конструкцию с целью повышения ресурса. Мотор «живет». Таким образом, мотор в конце своего жизненного цикла существенно отличается от первоначального прототипа. Для решения этой задачи нужен инженер, а не техник-копиист. Только тогда конструкторское бюро проектирования авиадвигателей становится состоявшимся. По сути, степень модернизации мотора (%% увеличения мощности, ресурса и экономичности) в течение его жизненного цикла является количественным критерием зрелости КБ.

Для примера рассмотрим краткую историю развития одного из самых известных и удачных советских авиамоторов ALU-82. Как известно, прототипом этого мотора был лицензионный американский мотор воздушного охлаждения, однорядная девятицилиндровая звезда Cyclone («Циклон»), разработанный на самой именитой фирме Wright (Райт) мощностью 635 л.с., прототип которого мощностью 400 л.с. был разработан в 1926 г. В советском авиапроме он получил стандартное обозначение М-25, т. е. «мотор—25-я модель». Сборка этого мотора из американских комплектов началась на только что построенном пермском заводе им. Сталина (№ 19) в июне 1934 г. Станочное оборудование этого завода требуемой точности изготовления деталей тоже было закуплено в США. А в 1935 г. мотор уже начали собирать из деталей, изготовленных в Перми.

Техническим директором завода, а фактически главным конструктором Аркадием Дмитриевичем Швецовым сразу же были созданы конструкторские группы для разработки модификаций этого двигателя. Очевидно, что мотор «Циклон» имел перспективу повышения мощности, т. е. был спроектирован «с запасом»: в среднем съем мощности с одного цилиндра следовало ожидать 100 л.с.

Таким образом, можно было ожидать успеха в форсировании мотора по мощности по крайней мере до 900 л.с., а с постановкой второго ряда «звезды» — и до 1800 л.с. Также было ясно, что одним из ключевых элементов повышения мощности является воздушный нагнетатель, компенсирующий уменьшение плотности воздуха с увеличением высоты полета. В соответствии с этими задачами и были созданы три конструкторские группы из

молодых конструкторов: группа однорядных звезд, группа двухрядных звезд и группа нагнетателей.

Первой модификацией мотора, получившей индекс М-25А, было его форсирование по оборотам до мощности 715 л.с., осуществленное уже в 1936 г. Это было, по сути, простое использование первоначального американского задела, но и одновременно первая школа самостоятельного принятия решений, которых подсказать было некому. До какой мощности первоначальная конструкция позволяет форсировать мотор? Известно, что при увеличении подачи топлива мощность мотора растет пропорционально кубу оборотов. Но одновременно увеличивается и количество выделяемого тепла, крутящий момент на валу и динамические нагрузки от дисбаланса вращающихся масс. Нужен был успех, а риски этого успеха или провала целиком лежат на главном конструкторе. Ведь в случае неудачи дальнейшее движение по пути развития мотора могло быть остановлено директивным образом — примеров сколько угодно. В 1937 г. мотор был Форсирован до уровня мощности 775 л с. и получил обозначение М-25В. Это была начальная конструкторская школа освоения техники, проверки правильности расчетов нагрузок, отработки технологии испытаний.

Первой самостоятельной модификацией швецовского КБ следует считать мотор М-62 (разработка 1937 г.) мощностью 1000 л.с., который вышел на мировой уровень по параметрам и успешно применялся на массовом истребителе И-153. Удача разработки этого мотора свидетельствовала, что КБ состоялось. Одновременно велись самостоятельные конструкторские разработки двухрядных звезд: вначале 18-цилиндрового М-25Д, позже получившего обозначение М-70, а затем 14-цилиндрового М-80. Диаметр (155,5 мм) и ход поршня (174,5 мм) оставались неизменными с «Циклона». Читатель должен обратить внимание на точность указания номинальных размеров (до 0,5 мм), а это говорит, что допуск на изготовление должен быть на порядок меньше (50 микрон), а мерительный инструмент — еще более точным.

Двухрядные звезды — это уже качественно другой уровень квалификации конструирования. При их создании возникают сложные проблемы, которые приходится решать самостоятельно. И здесь при создании мотора мы сталкиваемся еще с одной фундаментальной проблемой: любой дефект, поломка имеет системный характер, т. е. для понимания отрицательного «результата» необходимо построить логически правильную цепочку развития событий во времени, чтобы определить причину

дефекта. Кроме того, поиск идет, как правило, при ограниченной объективной информации о поведении системы ввиду ограниченности штатных или даже специальных (на опытном моторе) средств измерений (особенно в довоенные годы). Определение причины дефекта требует самой высокой квалификации, методом «тыка» ни один мотор не довести до товарного состояния — слишком сложная система.

Вот один из примеров. С форсированием по мощности мотора-прототипа М-25 начала проявляться тряска мотора, т. е. его корпуса, которая передавалась через подвеску и на самолет. Чем больше увеличивалась мощность мотора, тем сильнее была тряска. Происходила разбалансировка сил инерции, в результате чего возникали сильные динамические нагрузки на опоры ротора. Но где причина? При анализе оказалось, что при расчете уравновешивания сил инерции форсированного мотора, кроме массы вращающихся деталей, необходимо учитывать и присоединенную массу масла в полостях шатунных шеек [10].

Какие дефекты были присущи звездообразным моторам воздушного охлаждения? Из их краткого описания и методов их устранения можно понять и сложность создания мотора. Малая плотность воздуха (в сравнении с водой) создавала проблему съема тепла и тем самым охлаждения цилиндров. Перегрев цилиндров и клапанов сопровождал всю историю моторов воздушного охлаждения. Эта проблема существенно усугублялась при постановке второго ряда звезды вслед за первым рядом, затеняющим этот второй ряд. Тот, кто видел эти моторы, наверняка заметил сложнейшую развитую систему ребер охлаждения цилиндров, которые увеличением площади теплоотдачи компенсировали малую плотность воздуха. Нужны сотни часов продувок десятков вариантов расположения ребер с измерением полей температуры, чтобы решить проблему (и то без гарантии). Например, для улучшения охлаждения был применен поворот головки цилиндра на 15° по отношению к вектору скорости набегающего воздуха. Это, в свою очередь, потребовало изменения кинематики классического клапанного механизма. Потребовалось разработать новые законы движения звеньев (рычагов, толкателей, тяг и др.) и профилей кулачков. Как мы увидим ниже, диаметр цилиндров авиамоторов более 160 мм не применялся именно из-за проблемы их перегрева. Количество выделяемого тепла в объеме цилиндра пропорционально кубу линейного размера, а съем тепла — только квадрату размера (площади). Этот «закон куба-квадрата», ограничивающий конструкторов, действует во многих технических системах. Учитывая многорежимность работы мотора и множество

сочетаний высоты, скорости полета самолета, а также климатических условий эксплуатации (зима, лето), «настроить» пассивную систему охлаждения цилиндров для любого сочетания условий чрезвычайно сложно.

Вторым серьезным дефектом звездообразных моторов явилась их склонность к заклиниванию втулки подшипника, так называемого главного шатуна (в «звезде» все шатуны, кроме главного, являются прицепными к последнему, а все усилие на коленчатый вал передается через главный шатун). Очевидно, что с увеличением мощности эта проблема также усугублялась. Одно время казалось, что она вообще не имеет решения и ставит предел развиваемой мощности. В 1940 г. в КБ Швецова пригласили из ЦИАМ специалиста по подшипникам скольжения С. Н. Куцаева. Далее мы даем слово участнику этих событий инженеру КБ В. В. Даровских: «Изучив характер износа втулки главного шатуна и шатунной шейки коленчатого вала, он предложил образующую втулки выполнить по гиперболе с мнимой осью вдоль оси шатунной шейки с переменным подлине подшипника зазором, увеличивающимся от середины к краям. Однако первые испытания не показали улучшения работы. Анализ показал, что увеличенные зазоры у концов втулки приводили к вытеканию масла из подшипника. Для обеспечения нормального маслоснабжения были поставлены боковые кольца с отверстиями и пружинами, а от проворота втулка была зафиксирована шлицами. Кроме того, было введено многослойное покрытие трущейся поверхности втулки: никель, медь, серебро, индий. Проблема была решена» [10]. В решении проблемы этого конкретного дефекта мы видим и некую общую методологию решения — комплексный подход.

Не менее серьезными проблемами были задир поршней, износ цилиндров и колец, коробление седел клапанов, прогар выхлопного клапана. Решение этих проблем никто подсказать не мог — со всем этим справлялись конструкторы КБ. Простые копиисты стали бы в тупик при любом таком дефекте и запросили бы помощи из-за рубежа. Как вспоминал П. А. Соловьев, ставший преемником А. Д. Швецова в 1953 г.: «Вспоминается такой эпизод. Мы со Швецовым долгое время занимались бесступенчатой передачей для того, чтобы улучшить характеристики самолета, особенно для воздушного боя. Сделана была такая механическая передача: на валу вращается желоб, свернутый в кольцо. Одна половинка на одной стороне, вторая — на другой, а между ними ролик. И в зависимости от положения ролика идет передача с большего на меньшее и наоборот. А поскольку вы можете менять положение ролика бесконечно, то и этих передач получается

бесконечно много. Сложные, конечно, устройства, но все-таки работали, на моторе работали. Я помню, как-то вечером поставили на испытания очередную конструкцию и произошла поломка привода, раскололся корпус, редуктор, шестерни высыпались, как из мешка. А договорились, чтобы я позвонил Аркадию Дмитриевичу, как только первую гонку сделаем. Я позвонил ему. «Ну как?» — «Так сломалась, сломалась крупно». — «А кто-нибудь пострадал?» — «Нет». — «Ну и хорошо. А чего ты расстраиваешься? Думал, обойдешься без этого вообще? Такого не бывает. Давай все это запломбируй, чтобы ночью не возиться, а с утра разбирайтесь, что произошло».(*Соловьев П. А. О времени и о себе*).

Чем опытный инженер отличается от неопытного при разработке новой принципиально конструкции? Оба, по большому счету, ни черта не знают. Но… опытный инженер не боится, знает, что предстоит доводка (а любой эксперимент — это и вопрос, и ответ, лучше бы, конечно, только ответ), а неопытный — боится. И еще: опытный инженер быстрее учится на своих ошибках.

Идея четырехтактного цикла впервые была предложена французским инженером Альфонсом Бо де Роша (Beau de Rochas) в 1861 г.:

«Поставленная задача имела, очевидно, единственно практически правильным конструктивным решением применение только одного цилиндра, во-первых, для того, чтобы последний имел максимально возможные размеры, во-вторых, чтобы уменьшить до абсолютного минимума сопротивление газов движению. Это, естественно, приводит к осуществлению в одной и той же полости цилиндра в течение четырех последовательных ходов поршня следующих процессов:

1. Всасывание в течение целого хода поршня.

2. Сжатие в течение следующего хода.

3. Воспламенение в мертвой точке и расширение в течение третьего хода.

4. Выталкивание сгоревших газов из цилиндра на четвертом и последнем ходе» (*Beau de Rochas «Nouvelles recherches», p. 30. Цит. по Гюльднер, с. 730*).

Однако приоритет реализации этого цикла принадлежит немецкому инженеру Николаусу Отто. Модификацию этого цикла разработал его соотечественник Рудольф Дизель. Промышленное производство поршневых двигателей внутреннего сгорания организовали тоже немцы — Карл Бенц и Готтлиб Даймлер. Даймлер и запатентовал V-образную схему расположения цилиндров мотора. Революционным было и изобретение

Робертом Бошем искровой системы зажигания током высокого напряжения от магнето в конце 1880-х гг. Только появление таких эффективных (большой удельной — на единицу массы — мощности) двигателей внутреннего сгорания позволило создать возможность рождения таких аппаратов тяжелее воздуха, как самолет и вертолет. Это произошло в конце XIX века. Доминирование эры воздухоплавания (аппараты легче воздуха) и тяжелых двигателей внешнего сгорания (паровых машин) закончилось. Попытки продлить жизнь коммерческому и военному воздухоплаванию с помощью дирижаблей продолжались до аварии (пожара) пассажирского «водородного» «Гинденбурга» в Нью-Йорке в мае 1937 г. при швартовке после перелета через Атлантику.

В отличие от летящего самолета, имеющего внешние, хорошо видные обтекаемые «красивые» аэродинамические формы, «красоту» двигателя внутреннего сгорания трудно увидеть. Требуется интеллектуальное усилие, чтобы в этом нагромождении «железа» распознать чудо инженерной мысли. Все самое интересное в авиамоторе происходит внутри.

Как известно, первый в мире установившийся управляемый полет самолета-биплана «Флайер» («Летающий») конструкции братьев Райт с мотором Тэйлора мощностью 12 л.с. и массой около 80 кг (удельная мощность — 0,15 л с./кг) состоялся 17 декабря 1903 г. С выбором мотора для первого в мире самолета была проблема: ни один из существовавших тогда автомобильных моторов не обеспечивал необходимой для самолета удельной (на 1 кг массы) мощности. Больше, чем 0,06, автомобильные моторы того времени не имели, а нужно было по крайней мере 0,125. Требуемое соотношение было достигнуто инновационным для того времени применением алюминиевого литья для корпуса. Мотор для «Флайера» был четырехцилиндровый, с горизонтальным расположением цилиндров жидкостного охлаждения. Диаметр цилиндра и ход поршня DxS составляли 102*102 мм («квадрат»). Два пропеллера приводились цепной передачей. Вообще-то надо было исхитриться, чтобы полететь. Братья Райт в первую очередь были специалистами по аэродинамике, в том числе и по аэродинамике пропеллера. Именно благодаря разработанному ими очень эффективному пропеллеру, т. е. преобразователю мощности мотора в силу тяги, удалось максимально использовать весьма ограниченную мощность мотора. Вообще, при изучении истории авиамоторов нельзя забывать о движителях — пропеллерах — воздушных винтах. Их история не менее интересна, а сами винты развиваются до сих пор. И это неслучайно: для дозвукового

экономичного полета винт является идеальным движителем. Сегодня снова стоит задача разработки эффективных многолопастных винтов с низким уровнем шума для перспективных магистральных самолетов.

«Фишкой» же пропеллера Уилбура Райта была примененная им стреловидность лопасти в концевых сечениях, так называемый «end bent» («отогнутый конец»), уменьшающий так называемую статическую дивергенцию винта, т. е. раскрутку под влиянием аэродинамических сил.

Братья Райт «обхитрили» профессора Самюэля Лэнгли, тоже готовившего полет своего самолета «Аэродром» с мотором Мэнли — Бальтцера мощностью 52 л.с. в 1903 г. Мощности 12 л.с. не хватало, чтобы разогнаться «Флайеру» до скорости отрыва 45 км/час по дорожке длиной 20 м, и братья Райт «нашли» место в Северной Каролине с постоянно дующим встречным ветром 30 км/час для взлета. Мотор конструкции Мэнли имел существенно лучшую (более, чем в 3 раза) удельную мощность в сравнении с мотором Тэйлора, но Лэнгли не повезло. Его «Аэродром» поднял в воздух Гленн Кёртис только в 1913 г., когда Лэнгли уже не было на этом свете. Отношение мощности мотора к его массе в результате технического прогресса эволюционировало от 0,55 л.с./кг (мотор Мэнли — Бальтцера) до 2,2 л.с./кг (Кертис — Райт R-3350).

Несомненно, в начале XX века передовой авиационной державой была Франция. То, что первый полет самолета с мотором был совершен в США братьями Уилбуром и Орвилом Райтами, есть историческая случайность. Развитие моторостроения определяло тогда успех в авиации. Первым мотором, спроектированным специально для авиации, был ставший знаменитым «Антуанетт», V-образный мотор водяного охлаждения мощностью 24 л.с. и отношением мощности к массе 0,5 л.с./кг. Его разработал в 1902 г. француз Леон Левавассер (Levavasseur). В этом моторе были применены инновации: легкие алюминиевые корпуса, функцию тяжелого маховика, сглаживающего крутящий момент на валу, выполняло увеличенное до 8 количество цилиндров, выполненных по схеме «V». В результате длина 8-цилиндрового мотора была такой же, как 4-цилиндрового. Самой тяжелой частью мотора тогда были цилиндры, изготавливаемые литьем из чугуна. Стенки цилиндра имели толщину 5 мм. Для снижения их массы Левавассер уменьшил ход поршня и соответственно длину цилиндров, и увеличил число оборотов до 1100 об/мин. Рубашка охлаждения была выполнена из тонкого листа латуни. Разработана была и новая система подачи масла. Правда, первые авиамоторы не

имели карбюратора, и поэтому управление режимом мотора было затруднено. Поскольку первый заказ этого мотора от Вооруженных сил Франции для постановки на дирижабли задерживался (как обычно), то Левавассер предложил свой мотор для гоночных лодок. Сделка состоялась, а по первому имени дочери главного спонсора конструктор и назвал свой мотор. Успех был полный. Более того, эта гоночная лодка постепенно стала приобретать черты гидросамолета (плоское днище и т. п.), т. е. летающей лодки, в некотором смысле явившись предком последней, появившейся через пять лет.

В 1905 г. во Франции был объявлен приз 50 тыс. франков тому, кто совершит первый «официально зарегистрированный полет». В борьбу за приз включились все конструкторы самолетов. Приз выиграл пилот-бразилец, живший во Франции, Santos-Dumont (Сантос-Дю-мон) на самолете-биплане собственной конструкции с мотором «Антуанетт» мощностью 50 л.с., пролетев 12 ноября 1906 г. дистанцию 220 м. Все его тогдашние конкуренты (Фербер, Делагранж, Блерио) опоздали. Считается, что если США (братья Райт) были пионерами в разработке системы управления самолетом, то Европа (Франция) — пионером в разработке настоящего авиамотора. На первом этапе становления авиации моторостроение, будучи исторически старше, технологически опережало развитие самолетостроения.

Далее многие пытались разработать хороший авиамотор, но только двум конструкторам удалось сделать шаг вперед в этой области техники: Луи Сегену из фирмы «Гном» и Луи Рено из автомобильной фирмы «Рено». В 1905 г. Луи Сегеном была создана фирма «Гном» для производства оригинального звездообразного ротативного (с вращающимися 7-цилиндрами и неподвижным валом) двигателя. Объединившись в 1915 г. с фирмой «Рон» (Луи Верде), «Гном и Рон» произвели за время Первой мировой войны 100 тыс. (!) двигателей одно- и двухрядных звезд (воздушного охлаждения) в классе мощности 50… 150 л.с. Обладая хорошей плавностью хода благодаря массивному маховику вращающегося корпуса, ротативная схема имела ограничения по мощности до 200 л.с. из-за больших вентиляционных потерь и создавала большой гироскопический момент на конструкцию самолета при его эволюции. Кроме того, большой проблемой ротативного мотора была смазка: масло не могло быть собрано в картере, как это обычно делается, из-за действия центробежных сил. Следствием этого был повышенный расход масла и необходимость защиты летчика от масляных капель. Знаменитый шарф «Красного барона» (Рихтгофена) и других летчиков, летающих на самолетах с «Гномами», выполнял

вполне прозаическую функцию — протирать защитные летные очки от капель масла. Единственным типом масла, которое годилось для смазки «Гнома», было касторовое. Только оно не смешивалось с топливом в кожухе и сохраняло свои смазочные свойства при повышенных температурах. Рассказывают, что многие летчики были взяты в плен, когда они садились на вражеской территории в надежде докупить в аптеках касторового масла для дозаправки. Наконец, мотор «Гном» был однорежимным — всегда работал на максимальном режиме. Снижение режима при посадке осуществлялось периодическим выключением и включением зажигания (по сути, известная широтно-импульсная модуляция), что приводило к периодической работе мотора на авторотации. Тем не менее этот мотор получился легким для того времени. Его удельная мощность составляла 0,5л.с./кг. Однако к 1920 г. ротативные моторы воздушного охлаждения сходят со сцены — требовались большие мощности, которые эта схема обеспечить не могла.

Еще в 1906 г. французский инженер Роберт Эно Пельтри разработал теорию звездообразного мотора воздушного охлаждения и построил веерообразный (из-за опасения залива маслом нижних цилиндров в случае симметричной «звезды») пятицилиндровый мотор REP (по своим инициалам), который, однако, оказался неудачным — решить проблему охлаждения не удалось. Исторический перелет через Ла-Манш Блерио совершил на самолете своей конструкции, оснащенном трехцилиндровым мотором воздушного охлаждения Анзани мощностью 25 л.с. (с отношением мощности к массе около 0,4), сконструированным для гоночного мотоцикла. Мотор перегревался, но судьба улыбнулась Блерио — во время полета пошел дождь и охладил мотор. Англичане, конечно, не могли отставать от французов и через год после полета Блерио через Ла-Манш, или «Английский Канал», перелетел туда и обратно без посадки вскоре погибший Чарльз Ролле, один из основателей знаменитой моторной фирмы.

Успешным конкурентом «Гнома» к началу Первой мировой войны оказался рядный мотор воздушного охлаждения «Рено» V8 мощностью 60 л.с. Эта была полная противоположность «Гному» — стационарный, рядная схема. Однако, несмотря на алюминиевый корпус, мотор «Рено» был тяжелым: его удельная мощность была существенно меньше (0,33) уже достигнутого тогда уровня весового совершенства 0,5 л.с./кг. У «Гнома» был больший расход топлива и масла, а «Рено» был тяжелее. Что лучше?

Судьбе было угодно провести прямое сравнение моторов-конкурентов. Подобно братьям Райт в США, во Франции тоже

были известные авиаконструкторы — братья Фарман: старший Морис и младший Анри. Но, в отличие от Райтов, Фарманы были конкурентами. Оба строили свои самолеты-бипланы, которые были аэродинамически подобны, но Морис строил самолет большего (площадь крыла была больше в 1,5 раза, чем у самолета Анри) размера с мотором «Рено», а Анри-меньшего — с мотором «Гном». Оба самолета участвовали в 1910 г. в соревнованиях на кубок Мишелин на дальность полета и показали практически одинаковую дальность—464 км. Победу тогда присудили Морису и… мотору «Рено». Вплоть до Первой мировой войны по несколько раз в год рекорд дальности переходил от Мориса к Анри и обратно, достигнув 1000 км. Моторы «Рено» в модификациях 80 л.с. 110 л.с., и 130 л.с. в большом количестве строились в разных странах, включая Россию, Италию, Испанию и Японию.

В Барселоне (Испания) швейцарский инженер Марк Биркигт создает фирму для производства спортивных автомобилей, названную им «Испания-Швейцария» (Hispano-Suiza). В 1911 г. он переводит ее во Францию и начинает заниматься авиацией. Успех этой фирмы тоже связан с инновацией — литой конструкцией блока цилиндров (до этого цилиндры выполнялись отдельными агрегатами) двигателей с жидкостным охлаждением, что позволило повысить их жесткость и соответственно уменьшить массу мотора.

Подобно Биркигту, пришедшему в авиацию из автогонок, такую же эволюцию совершили и две другие, ставшие ведущими авиамоторными фирмами: «Аллисон» (США) и «Роллс-Ройс» (Великобритания). Джеймс Аллисон, успешный предприниматель и автогонщик, в 1917 г. после вступления США в мировую войну перешел от переделки и ремонта гоночных автомобилей к производству компонентов одного из самых удачных и распространенных авиамоторов жидкостного охлаждения того времени «Либерти» L-12 (400 л.с., год создания 1918-й) и завоевал хорошую репутацию, особенно после разработки его фирмой надежных подшипников для «Либерти». Мотор «Либерти», названный так в знак «борьбы за свободу» (против императорской Германии), уже имел показатель удельной мощности 1 л.с./кг. Принципом проектирования «Либерти» была возможность его массового производства на заводах, производящих не авиационные моторы (которых было мало в то время в США), а автомобильные. Отсюда — конструкция с отдельными цилиндрами (не в блоке), позволяющая, кроме того, наращивать мощность добавлением числа цилиндров. Требованиями американского правительства задавалось три

типоразмера мотора. Самые крупные производители автомобильных моторов — Паккард и Холл-Скотт — имели опыт работы только с раздельными цилиндрами. Всего было выпущено свыше 20 тыс. моторов «Либерти». Несмотря на смерть основателя фирмы «Аллисона» в 1928 г. и приобретение его активов компанией «Дженерал Моторе» (в собственности до 1993 г., после чего с 1995 г. — во владении Роллс-Ройса), его имя сохранилось в марках моторов. А на базе все того же «Либерти» был разработан удачный мотор Второй мировой войны «Аллисон» V-1720.

В Великобритании в 1912 г. в Фарнборо на деньги правительства был создан центр исследования самолетов и моторов (R.A.F., Royal Aircraft Factory, или «Королевский авиационный завод», позже в 1929 г. замененное название на R.A.E., Royal Air Establishment — Королевская Авиационная организация — в связи с введением аббревиатуры RAF «Royal Air Force», для Королевских ВВС). Однако до начала Первой мировой войны дела шли не очень успешно. Английская авиация полностью зависела от иностранных разработок моторов, в первую очередь рядного мотора воздушного охлаждения «Рено» V8 (80 л.с.). С копии этого мотора, воспроизведенного в госкомпании (90-сильного R.A.F. 1a) началась история английского авиамоторостроения. Кроме Рено, по лицензии производились также ротативный «Гном», «Испано-Сюиза» V-8, «Austro-Daimler», модификация которого на фирме Сиддли получила название «Пума».

Вообще именно для Великобритании (и довоенных, т.е. до 1939 г. в США) было характерным присвоение моторам не условных индексов, а «собственных» имен. В этой характерной претенциозности тоже проявился начальный этап инновационной волны. Знаменитая фирма «Роллс-Ройс», основанная в 1906 г. выпускником Кембриджа, автодилером Хоном Чарльзом Роллсом, продававшим в Лондоне автомобили Пежо, и собственником компании по производству электрооборудования в Манчестере Генри Ройсом с энтузиазмом занималась созданием мотора для гоночного автомобиля «Silver Ghost» («Серебряный Призрак»). Этот мотор жидкостного охлаждения имел шесть цилиндров. В 1910 г. Ролле погиб в автокатастрофе, а в 1914-м началась мировая война.

Первым госзаказом частной фирме «Роллс-Ройс», расположенной в Дерби, было задание разработать аналог «Рено» V8, затем — мотор воздушного охлаждения мощностью 200л.с. Но ни то, ни другое не нравилось Генри Ройсу. Ройс выбрал схему жидкостного охлаждения и удвоил число цилиндров своего

мотора до 12. Получился Eagle («Орел», 1918 г.) первоначальной мощностью 225 л.с. («Орел-1»), позже форсированный до 360 л.с. («Орел-8»). Как только началось бурное развитие авиации во время Первой мировой войны и далее в 1920-е гг. и потребовались моторы различной (в первую очередь большей) мощности, сэр Генри Ройс (умер в 1933 г.) разработал на базе этого «Орла» серию «хищных» моторов: уменьшенную копию «Орла» Falcon («Сокол») мощностью 205–285 л.с., стосильного Hawk'a («Ястреба») — аналога «Рено V8» — и мощный Condor («Кондор»). «Кондор» мощностью 550–600 л.с., появившийся в конце войны, предназначался для дальних бомбардировщиков с радиусом действия до Берлина. Но в 1918 г. война закончилась, щедрые госзаказы прекратились.

В этой ситуации выжили только частные фирмы, в частности «Нэпир и сын» (D. Napier&Son) и «Роллс-Ройс». «Нэпир», занимавшаяся до войны автомобильной продукцией, с началом войны тоже получила госзаказ на участие в качестве субподрядчика в разработке авиамотора, получившего обозначение по первым буквам названия госкомпании R.A.F.3a. Однако уже в 1916 г. фирма «Нэпир» (конструктор — Роуледж) самостоятельно разработала мотор Lion («Лев») мощностью 500 л.с. Серийный выпуск этого мотора начался уже после войны и продолжился в 1920-е гг. «Лев» имел 12 цилиндров, расположенных по 4 цилиндра в три ряда (оригинальная W-образная схема рядов цилиндров). Позже по такой же схеме строились уже 18-цилиндровые моторы (по 6 цилиндров в ряд).

В конце войны фирмой «Нэпир» был разработан первый 1000-сильный мотор. Это был 16-цилиндровый Х-конфигурации (4х4) мотор Cub («Куб»), который устанавливался на однодвигательные бомбардировщики «Авро» и «Блэкберн». Однако окончание войны ограничило серию первого «тысячника». В 1929-м фирмой «Нэпир» был разработан еще более мощный (1320 л.с.) мотор жидкостного охлаждения с нагнетателем с неслыханно большой общей степенью сжатия, равной 10, для рекордов («гоночный Лев»). «Роллс-Ройс» тоже работала над мощным 16-цилиндровым мотором Х-конфигурации (4х4) расположения цилиндров. Но время серийных «тысячников» еще не пришло. Все эти моторы имели малый ресурс и были тяжелы — технологии еще не позволяли делать их относительно легкими. К этому времени достигнутое отношение мощности к массе мотора (л.с./кг) было уже равно 1.

В начале 1920-х гг. фирма «Кертис» в США опередила всех, разработав удачный, оптимальный (лучший) для того времени, 12-цилиндровый мотор жидкостного охлаждения D-12 мощностью

350 л.с. Этот мотор с классической V-схемой расположения цилиндров явился дефорсированной (1800 об/мин) модификацией передового для того времени 400-сильного мотора «Кертис» К-12 (1917 г.) конструкции Чарльза Киркхэма (C. Kirkham) с гем же соотношением диаметра и хода поршня (114х152 мм). Мотор К-12 задумывался как компактный авиационный мотор: его ширина не должна была превышать ширину плеч пилота, число оборотов достигало 2800 об/мин, блок цилиндров — литой по типу Hisso («Испано-Сюиза»), но без использования лицензии (лицензией «Испано-Сюиза» обладала фирма «Райт-Мартин»), т. е. оригинальной конструкции.

Однако он опередил свое время: деревянные винты на съем мощности 400 л.с. не могли работать с такими оборотами — требовался редуктор, при отливке корпусов было много брака. Надежный редуктор сделать не удалось. В D-12 отказались от блочной конструкции, вернувшись к раздельным цилиндрам, и снизили обороты. Мотор D-12 получился надежным, дешевле, чем его прямой конкурент «Либерти», смелым лобовым сопротивлением и хорошими весовыми характеристиками (отношение мощности к массе мотора составляло 1,25 л.с./кг). Это позволило ему в составе самолета «Кертис» выиграть дважды кубок Шнейдера, опередив французский «Ньюпор» с лучшим авиамотором того времени «Испано-Сюиза». Именно с этим мотором D-12 была достигну-in максимальная скорость того времени (середина 1920-х гг.) — 320 км/ч. А проблему качества отливок блоков цилиндров решили только к середине 1930-х гг. Последним в ряду моторов жидкостного охлаждения фирмы Кертис» был разработанный в 1928 г., накануне Великой депрессии, мотор Conquerer («Завоеватель») мощностью 600 л.с. классической V-образной схемы с 12 цилиндрами. Этот мотор имел хорошие весовые характеристики: отношение мощности к массе мотора составляло уже более 1,5, но… наступил экономический кризис, и «Кертис» была вынуждена объединиться с фирмой «Райт», которая в то время уже перешла на моторы воздушного охлаждения.

Всего в США за сорокалетнюю эпоху (1903–1943 гг.) было разработано 30 типов оригинальных (нелицензионных) поршневых моторов, вошедших в серию. Это, безусловно, великолепный результат, свидетельствующий о лидерстве американской инженерной школы в этой области. Другой вопрос, что в США «проспали» начало новой инновационной волны — разработку турбореактивных двигателей, где лидером стала Германия, но об этом — дальше.

Подлинно авиационными являются именно моторы

воздушного охлаждения (до появления авиации их просто не было, да и вне авиации они неприменимы). Родиной стационарных (неротативных) авиамоторов воздушного охлаждения большой мощности является Великобритания. Уже в 1917 г. на заводе «Космос» Роем Федденом были спроектированы сразу двухрядные 14-цилиндровые «Меркурий» (315 л.с.) и «тысячник» 18-цилиндровый «Геркулес». Однако пришлось сдавать назад — надежное охлаждение двухрядных звезд тогда организовать не удалось. Зато однорядный девятицилиндровый мотор «Юпитер» (400 л.с.), созданный уже в 1918 г. под руководством Роя Феддена на том же заводе «Космос», оказался надежным. «Космос» впоследствии получил название «Бристоль», а после объединения с фирмой Сиддли «Армстронг» сформировалась известная фирма «Бристоль-Сиддли» до очередного объединения ее с «Роллс-Ройсом» уже в 1960-е гг.

Лицензия на производство модернизированного «Юпитера-VI» мощностью 535 л.с. была приобретена французской фирмой «Гном-Рон», где он строился с 1923 г., а также (уже после приобретения у «Гном-Рона») в СССР (на заводе № 29 в Запорожье под маркой М-22), Германии («Сименс»), Японии, Чехословакии, Польше. Англичане же на основе «Юпитера» выпустили малотиражную «планетную» серию в классе мощности 200–300 л.с. («Титан», «Нептун»), Следы деятельности Роя Федцена обрываются уже после Второй мировой войны: в 1948 г. под его маркой был сделан турбовинтовой двигатель «Fedden Gotswold» мощностью 1350 л.с. с хорошими весовыми характеристиками — отношение мощности к весу двигателя составляло 4, т. е. с каждого килограмма веса в турбовинтовом двигателе снималось мощности в два раза больше, чем в поршневом.

Первый девятицилиндровый (114x140) авиамотор воздушного охлаждения большой тогда мощности (220 л.с.) фирмы «Райт» — «Wright Whirlwind J-5» (создан при участии известного британского конструктора моторов воздушного охлаждения Samuel Heron, или, в русской транскрипции, Самюэля Герона) появился в 1925-м. Помогло этому и приобретение английских патентов. Линдберг в 1927 г. совершил свой знаменитый перелет через Атлантику (Нью-Йорк — Париж) на самолете «Spirit of St. Louis» («Дух Сан-Луи»), оснащенном этим мотором. После этого авиамоторы воздушного охлаждения завоевали всемирный авторитет — была подтверждена их надежность при лучших весовых характеристиках. Эта надежность была обеспечена кропотливой работой над охлаждением цилиндров и выпускного клапана, имеющего температуру до 300° Цельсия.

История другой знаменитой фирмы «Пратт-Уитни», конкурента «Райт» связана с именем Рентшлера. Фредерик Рентшлер, выпускник Принстонского университета (1909 г.) с большими семейными связями в финансовых кругах, во время Первой мировой войны ставший лейтенантом, занимался приемкой авиамоторов на заводе, т. е. был военпредом. После окончания войны он думал вернуться в семейный бизнес: отец не одобрял его занятие авиацией, говоря: «Авиация — это чертовски дурацкий бизнес, только для спортсменов» (Sullivan, p. 2). Однако он «заболел» авиацией и после войны в 1919 г. пришел на фирму «Райт» и проработал на ней пять лет. Именно здесь он и создал уникальный конструкторский коллектив. К этому времени он уже дозрел до того, что ему захотелось создать самостоятельную компанию. Но для этого нужна была рыночная ниша для авиамоторов. И тут как раз началось строительство авианосцев, вернее, переделка двух тяжелых крейсеров «Саратога» и «Лексингтон» в авианосцы. А для них потребовалось 200 самолетов и соответственно легких мощных моторов. Рентшлер обещал адмиралу Моффету, начальнику авиации ВМФ, создать легкий мотор воздушного охлаждения мощностью 400 л с. Тот поддержал идею, но федеральных денег на разработку опытного образца не было. Тут-то и помогли семейные и дружеские связи: некоторая сумма свободных денег на этот проект нашлась и была вложена в предприятие («венчур») на базе станкостроительной фирмы «Pratt & Whittney» в Хартфорде (штат Коннектикут). Основатели базовой фирмы (1860 г.) Фрэнсис Пратт и Амос Уитни начинали как механики на заводе Кольта по производству оружия — пистолетов «кольт» — в Хартфорде. В этом смысле Коннектикут был идеальным местом для новой машиностроительной компании, готовящейся производить продукцию с повышенными требованиями к точности изготовления, т. е. такие прецизионные изделия, как авиамоторы. С квалифицированными кадрами там все было в порядке. Нужны были только деньги, оборудование и помещение. Деньги нашлись, подыскали и помещение — старый автомобильный завод, использовавшийся как склад для сигарного табака.

И вот в 1925 г. Рентшлер, как бы сейчас сказали, главный конструктор, покидает фирму «Райт» вместе с группой конструкторов (и конструкторским заделом), включая талантливого конструктора и экспериментатора Джорджа Мида (George J. Mead). В этом же 1925 г. им регистрируется новая фирма «Пратт-Уитни Эйркрафт». Несмотря на присутствие в названии фирмы слова «самолет» («Эйркрафт»), эта фирма проектированием самолетов никогда не занималась. Еще до

полного оборудования новой фирмы конструкторы приступили к разработке нового мотора в… гараже, как это часто бывало в те времена фазы «А» инновационной волны.

Первый девятицилиндровый (146х146) мотор PW Wasp «Оса» (425 л.с.) был создан уже в 1926 г. Он действительно оказался самым легким мотором того времени, как и обещал Рентшлер: отношение мощности к весу мотора составило 1,45. Позже на основе удачного опыта создания «Осы» появляются и другие «осы» «Пратт-Уитни»: Twin Wasp «Оса сдвоенная» и Double Wasp «Оса удвоенная». Между тем начинается конкуренция между «Пратт-Уитни» и «Райт», последняя в начале 1930-х объединяется с фирмой «Кертис». В результате острой борьбы к середине 1930-х доминировать стала фирма «Кертис-Райт» благодаря установке ее мотора воздушного охлаждения «Циклон» разработки 1933 г. на массовый транспортный самолет фирмы «Дуглас ДС-1» (Douglas Commercial), а позже и на самый знаменитый самолет «всех времен и народов» ДС-3, или, по военной классификации, С-47, или его отечественный аналог Ли-2.

Уже после Второй мировой войны, в 1950-е гг. в этой конкурентной борьбе победила «Пратт-Уитни», вовремя перестроившись на проектирование и производство газотурбинных двигателей. А «следы» конкурирующих фирм «Райт» и «Пратт-Уитни» проявились в виде лицензионного производства в СССР (мотор Райт «Циклон» — Швецов АШ-62) и в Германии (моторы PWWasp «Оса» и Hornet «Шершень» — BMW. 132). «Квадратное» соотношение диаметра и хода поршня в двигателе BMW. 801 ведет свое происхождение именно от «Пратт-Уитни». В войну глубокие двухрядные модификации (АШ-82ФН и BMW 801D) этих однорядных лицензионных моторов встретились в бою на самолетах Ла-5 и «Фокке-Вульф-190».

В 1920-е гг. английское правительство не поддержало разработку отечественных «тысячников»-динозавров, а здраво рассудив (что говорит о хорошей компетентности правительственных экспертов по авиации), заказало фирме «Роллс-Ройс» разработку аналога американского D-12 с добавлением нагнетателя. Первоначально мотор был без нагнетателя: собственной школы разработки нагнетателей на «Роллс-Ройсе» не было. Пригласили Эллора (J. E. Ellor) из госкомпании «Королевский авиационный завод» R.A.F., занимавшегося нагнетателями с 1915 г., который и разработал односторонний нагнетатель с механическим приводом. Вообще первый нагнетатель для наддува цилиндров появился в эксплуатации на моторе R.A.F.8, двухрядной звезде воздушного охлаждения. Работы по турбинному приводу нагнетателей велись

в Великобритании с 1918 до 1925 г., пока решением правительства эти работы не были прекращены из-за отсутствия жаропрочных материалов. Правда, был разработан уникальный опытный роллс-ройсовский «Кондор-5» с двухступенчатым турбонаддувом.

Так, по заказу правительства в качестве английского аналога D-12 появился Kestrel («Пустельга») V-12 мощностью 460–760 л.с., который строился в большом количестве и ставился на разные типы самолетов (истребители, бомбардировщики, летающие лодки, транспортные, учебно-тренировочные). Этот, т. е. по сути американский, мотор создал основу для семейства современных поршневых моторов «Роллс-Ройс». Развитие технологии снизило зависимость мощности мотора от его массы: появились новые материалы, надежно работающая схема с наддувом, новые конструктивные решения. Примером внедрения новых технологий является специально спроектированный мотор «R» («рекордный») на базе 925-сильного мотора Buzzurd (тоже птица-хищник «Канюк»), увеличенного мотора Kestrel для уже упоминавшихся авиационных гонок (морской авиации) на приз Жака Шнейдера, проводившихся ежегодно, начиная с 1913 г. Эти престижные соревнования, проводившиеся в Монако, были аналогом автомобильных гонок. Гонки преследовали и вполне конкретную цель отработки авиационных инноваций. Как известно, будущие успехи в аэродинамике английского истребителя «Спитфайр» были обусловлены работой конструктора фирмы «Супермарин» Митчела над самолетами для этих гонок.

Для мотора «R» с повышенным (до 3300 об/мин) числом оборотов, имеющего двухступенчатый нагнетатель, были разработаны натриевая система охлаждения клапанов, антидетонационные присадки в топливо. (Автор помнит, как в детстве мы забавлялись поджиганием водорода, получаемого из натрия расковыренных клапанов посредством опускания их в лужи — факел получался отменный, а клапанов этих валялось много на послевоенных свалках авиационной техники.) Именно с этим мотором мощностью 2600 л.с. Великобритания выиграла в 1931 г. гонки на приз Шнейдера. В конце концов на базе этих разработок появился и ставший знаменитым Merlin («Кречет»). Успехи фирмы «Роллс-Ройс» стали возможными в том числе и в результате приглашения на работу ведущих специалистов из других моторных фирм: конструктора нэпировского «Льва» Роуледжа (A. J. Rowledge перешел на «Роллс-Ройс» в 1928 г.) из «Нэпир и сын» (D. Napier&Son), а также специалиста по нагнетателям Эллора из R.A.F.

После ухода Роуледжа «Нэпир и сын» пригласила в качестве эксперта известного конструктора Халфорда (F. B. Halford), работавшего в R.A.E. и частной самолетной фирме «Де Хэвиленд» над моторами для легких самолетов. В результате «Нэпир» переходит от моторов жидкостного охлаждения к моторам воздушного охлаждения: вначале были разработаны 16-цилиндровый 300-сильный Rapier («Рапира») и мощный 24-цилиндровый мотор Dagger («Кинжал») 955 л.с. оригинальной H-конфигурации, с двумя механически связанными коленвалами и редукторной передаче на винт. Влияние Халфорда, кроме охлаждения воздухом, проявилось и в приоритете компактности, что обусловило выбор малых диаметра (90 и 97 мм) и хода поршня и соответственно высокооборотности мотора (4200 об/мин). Из «Кинжала» вышла в 1935 г. компактная тоже 24-цилиндровая «Сабля» — Sabre/Halford H-конфигурации. При проектировании клапанов этого мотора помощь оказал известный конструктор из «Бристоля» Рой Федцен. Фирма «Нэпир и сын» протянула до конца 1940-х гг., освоив газотурбинные технологии. Ее, возможно, последней разработкой был турбовинтовой двигатель с редким названием «Наядя» мощностью 1500 л.с.

Еще в 1932 г. на «Роллс-Ройсе» в предвидении большей потребной мощности, чем Kestrel (несмотря на его 900-сильную версию Peregrine и версию с испарительной системой охлаждения «Goshawk» — «Большой Ястреб» обеспечивающей малое внешнее сопротивление),

Генри Ройс начинает на частные деньги (правительство поначалу проект не финансирует) разработку мотора (PV-12 Private Venture, или «Частный Проект», 12-цилиндровый). Через год правительство начинает его софинансирование. Так рождается Merlin, а его «патрон» Генри Ройс умирает, не увидя триумфа мотора.

Merlin-1 вышел в свет в 1937 г. со стандартной мощностью того времени 1030 л.с. Через год специально для рекордов был выпущен Merlin-2 мощностью 2160 л.с. Продолжается его развитие, и к 1940 г. выходит Merlin-4 с охлаждением смесью вода-гликоль в пропорции 70 %/30 % с ее прокачкой под давлением. В этом же году появляется Merlin-10 мощностью 1145 л.с. с двухскоростным нагнетателем и вскоре — Merlin-20 с улучшенными характеристиками нагнетателя, за счет чего мощность возрастает до 1390 л.с. В 1941 г. появляется модификация Merlin-66 мощностью 1280 л.с. с двухскоростным двухступенчатым нагнетателем с промежуточным охлаждением воздуха, что по известному закону термодинамики улучшает его экономичность. Готовая конструкция привода нагнетателя была

заимствована с французской фирмы «Фарман» в 1938 г. К 1945 г. Merlin-130 за счет улучшений, в том числе и воздухозаборника, достиг мощности 1670 л.с. В 1942 г. была выпущена и увеличенная модель Merlina — «Грифон» для «Спитфайра-12» с мощностью 1540 л.с.

В Германии авиационными моторами занялись на десять лет позже Франции — с 1912 г. Базой для них были хорошие моторы для гоночных автомобилей. Но немцы быстро догнали ушедших вперед французов и англичан. Интересна эволюция Фердинанда Порше, всемирно известного конструктора автомобилей и танков. Но начинал молодой Порше как инженер-конструктор авиационных моторов на фирме «Австро-Даймлер». В 1911 г. кайзер Германии Вильгельм II объявил конкурс на создание авиационного мотора мощностью 120 л.с. в надежде создать лучший в мире мотор. Порше было поручено разработать конструкцию мотора. Он выбрал шестицилиндровую рядную схему жидкостного охлаждения с отдельными цилиндрами — эта схема стала основной в Германии.

Благодаря жесткому и, заметим, грамотному техническому заданию от военного ведомства вес авиационного мотора был задан с семичасовым запасом горючего — немецкие конструкторы хорошо потрудились, чтобы минимизировать этот параметр. Ротативная схема типа «Гном» отпала сразу из-за ее «прожорливости». Победил шестицилиндровый «Мерседес» мощностью 160 л.с., превзошедший по надежности и долговечности все моторы того времени (оптимизированные полусферические головки, литые стальные цилиндры, дублированная система зажигания). Кроме этого, особенностью германских моторов была их «висячая», т. е. перевернутая, схема цилиндров. Это обусловливалось целью освободить горизонт перед летчиком и отвести в сторону от него выхлопные газы. Помимо этого в такой схеме достигалось более эффективное охлаждение: за счет разности плотностей более холодная вода оказывается внизу, где расположены наиболее горячие части мотора — выхлопные клапаны. Эта «висячая» схема сохранилась и позднее, когда увеличилось число цилиндров до 12 и расположение их стало в результате не V-образным, а A-образным).

Уже в 1913–1914 гг. немецкие летчики с этим мотором отвоевали рекорды продолжительности полета (24 часа) и высоты (8100 м). Кроме того, немецкие конструкторы впервые разработали надежную безкарбюраторную автоматическую (по давлению воздуха) систему подачи топлива в цилиндры (систему непосредственного впрыска). Такая система устраняла главные

недостатки карбюратора — возможность обледенения в условиях большой водности воздуха при низких температурах и пожара из-за проскока пламени из цилиндра в канал с подготовленной для горения смеси и, кроме того, уменьшала гидравлические потери на входе. Система представляла собой датчик давления — сильфон, сервоусилитель сигнала (хода сильфона), плунжерный насос топлива, исполнительный механизм и дозатор топлива, расход которого автоматически следовал за изменением давления воздуха на входе. Эта система позже хорошо вписалась в моторах воздушного охлаждения при постановке ее на выходе из нагнетателя.

В 1926 г. в период послевоенного кризиса в Германии произошло слияние моторостроительной фирмы Даймлер», основанной известным инженером Готтлибом Даймлером еще в XIX веке, и автомобильной фирмы «Бенц». Первый авиационный мотор жидкостного охлаждения DB-600 был спроектирован на фирме «Даймлер-Бенц» в 1932 г. инженерами Бергаром и Наллингером,

Последующие модификации этого мотора имели индексы DB-601, DB-602 и т. д. Этот мотор оказался очень удачным и, по сути, стал основным немецким мотором Второй мировой войны. Фирма «Даймлер-Бенц» была крупнейшей моторной фирмой в Германии к началу войны, владевшей одиннадцатью заводами. Главным опытно-конструкторским центром фирмы «Даймлер-Бенц» был завод в «Штутгарт — Унтертюркхайме». Опытные образцы изготовлялись в Берлине-Мариенфельде. К 1944 г. на фирме работало свыше 60 тыс. человек.

Кроме «Даймлер-Бенц», в Германии давно работали и другие известные фирмы: «Юнкерс» и «БМВ». Гуго Юнкерс (1859–1935), получивший известность преимущественно как основатель самолетной фирмы, на самом деле еще в 1897 г. стал профессором термодинамики в высшей технической школе Ахена, т. е. по своему родовому образованию был специалистом по тепловым двигателям. А в 1913 г. он основал моторостроительную фирму Junkers Motorenbau в Магдебурге и только в 1918 г. — ставшей известной самолетостроительную фирму Junkers Flugzeugwerk. В 1936 г. обе фирмы были объединены, когда Гуго Юнкерс был уже не у дел.

Фирма «Баварские моторные заводы» (Bayerische Motoren Werke GmbH), или «БМВ», включилась в разработку авиационных моторов уже в 1917 г. и в 1920-е гг. имела успешную конструкцию широко применявшегося мотора жидкостного охлаждения БМВ-VI, но к началу 1930-х БМВ-VI устарел, в первую очередь по весовым характеристикам. Для преодоления технологического

отставания от США «БМВ» в конце 1920-х гг. закупила лицензию на производство моторов воздушного охлаждения у фирмы «Пратт-Уитни» (Wasp — «Оса» и Hornet — «Шершень»). В 1936 г. на базе известной немецкой фирмы «Сименс» в Берлине была создана ее дочерняя специальная авиамоторостроительная фирма «Брамо», или «Брандербургские моторы» (Brandenburgische Motoren-werke GmbH), тоже занимавшаяся моторами воздушного охлаждения (девятицилиндровая звезда «фафнир-323», что в переводе со скандинавского означает, по сути, «Дракон», мощностью 950 л.с.). В 1939 г. она была включена в состав «БМВ».

Итак, проявилась следующая закономерность: разработчики, пришедшие «с земли», от гоночных автомобилей, традиционно стали разрабатывать моторы для авиации жидкостного охлаждения («Испано-Сюиза», «Аллисон», «Роллс-Ройс», «Нэпир», «Даймлер-Бенц»), а конструкторы, вышедшие из авиационных фирм, — моторы воздушного охлаждения («Гном-Рон», «Бристоль», «Райт» и вышедшая из него «Пратт-Уитни»). Эти схемы постоянно конкурировали между собой. К концу Первой мировой войны из-за резкого повышения мощности мотора (от 150 л.с. до 400 л.с.) вперед вышли моторы жидкостного охлаждения (лучший из них — практичный, настоящий американский мотор «Либерти»): в моторах воздушного охлаждения большой мощности проблему отвода тепла от цилиндров тогда решить не удавалось.

Отдельная тема — это история разработки воздушных винтов большой мощности и компактных редукторов, передающих мощность от мотора на винт. Эта проблема встала во весь рост при достижении уровня мощности моторов 400 л.с. («Либерти»). Применявшиеся доселе цельнодеревянные винты с постоянным «шагом», и пи углом установки по отношению к вектору скорости набегающего потока воздуха, были эффективны при преобразовании мощности мотора в силу тяги только для ограниченного диапазона полетных условий, а именно скоростях полета менее 200 км/час и на низких высотах. Повышение мощности моторов, а следовательно, и скорости полета самолета, а также высотности моторов за счет применения наддува требовали инновационного решения управления геометрией винта, чтобы не растерять эффективность. Было ясно, что угол установки лопастей винта, должен быть переменным. Необходимо было заменять и материал, из которого делались винты: аэродинамическая эффективность напрямую зависит от толщины профиля — чем тоньше, тем эффективнее. Особенно это касается концевых сечений винта, движущихся с большой скоростью. Требование «тоньше» — значит должно быть прочнее, т. е.

потребовался новый конструкционный материал.

Наконец, надо было разработать механизм, с помощью которого лопасти винта могли изменять свое положение. В США практическая задача создания ВИШ (винтов изменяемого шага) была сформулирована уже в 1918 г. За это дело в числе прочих взялся Фрэнк Колдуэлл (1889–1974), выпускник Массачусетского технологического института, работавший на фирме «Кертис» над сложной технологией изготовления деревянных винтов. Достаточно сказать, что сушка деревянных винтов осуществлялась в жаркой и сухой пустыне Невада. Как только с вступлением США в войну (1917 г.) появилось щедрое госфинансирование исследовательских работ в области авиации и был организован исследовательский центр в Дейтоне, Колдуэлл перешел работать в пропеллерный отдел этого центра главным инженером. Колдуэлл стал разрабатывать инновационный составной пропеллер, состоящий из втулки и отдельных лопастей. Но прежде всего была создана мощная экспериментальная база, так как инженерных знаний не хватало. Был разработан стенд с измерением тяги и крутящего момента. Каждый экспериментальный винт испытывался на максимальной скорости в течение десяти часов.

Вначале дерево решили заменить сталью в качестве материала для лопастей винта — шаг, казалось, естественный. Шли интенсивные продувки профилей в аэродинамической трубе. Но казавшееся очевидным «лобовое» решение оказалось неудачным. Тонкие стальные профили винта обладали малой жесткостью и поэтому оказались чувствительными к флаттеру. Увеличение жесткости приводило к недопустимому увеличению массы стального винта, несмотря на предлагаемые конструкции полых лопастей. Наблюдался и большой разброс свойств материала, недопустимый для таких ответственных узлов. Решение было найдено в замене стали на алюминиевый сплав, по своим характеристикам (включая плотность) находившийся между традиционным дереном и сталью. Так что переход на алюминий для винтов дался не так просто, как кажется сегодня.

В США существовало две компании, занимавшиеся производством винтов: старейшая Hamilton Aero Manufacturing (или сокращенно «Гамильтон», по имени своего основателя) и подключившаяся позже Standard Steel Propeller Company в Питсбурге, занимавшаяся, как это следует из названия, разработкой стальных винтов по контракту с армией. В 1929 г. обе компании объединились и новая компания стала называться «Гамильтон Стандарт». Под таким названием она просуществовала вплоть до 1990-х гг., к этому времени уже давно

сменив профиль деятельности, но оставшись в авиапроме — перейдя на разработку систем управления авиадвигателей — сначала гидромеханических, а позже и электронно-цифровых (т. е. бортовых управляющих компьютеров). Сегодня эта некогда «винтовая» фирма «Гамильтон Сандстренд» является многопрофильным холдингом, производящим агрегаты для самолетов и двигателей под эгидой концерна «Юнайтед Текнолоджи». В него входит даже московская фирма НПО «Наука», много лет разрабатывающая теплообменники для систем кондиционирования самолетов. А в «Юнайтед» сегодня входит и моторная фирма «Пратт-Уитни».

В музее фирмы «Гамильтон» есть мемориальный уголок кабинета основателя фирмы с письменным столом, книжным шкафом и прочими подлинными вещами. На столе, как обычно, стоит письменный прибор, бювар, стакан с карандашами. Стоит на столе и традиционная фигурка летчика в летной форме 1920-х гг. в шлеме и с неизменным длинным шарфом. Высота этой фигурки около двадцати-тридцати сантиметров. Поверхность стола освещает приглушенный свет. Во время презентации истории фирмы «Гамильтон» неожиданно для посетителей «летчик» на столе оживает и, начиная ходить по столу, рассказывает об истории фирмы. Зрелище, надо сказать, ошеломляющее — автор ощутил это на себе, будучи на этой фирме в 2001 г. Полное ощущение, что «едет крыша». Физически же все это — не что иное, как трехмерная голографическая инсталляция, показывающая, кроме всего прочего, что фирма находится на передовом крае инноваций. Закончив рассказ, «летчик» застывает в первоначальной позе.

История трансформации фирмы «Гамильтон» от производства винтов к электронно-цифровым системам управления авиационными двигателями показывает, что выжить в условиях быстротекущего технического прогресса могут только фирмы с сильным инновационным потенциалом. Сколько некогда успешных фирм кануло в Лету! Сегодня уже нет ни «Де Хэвиленда», ни «Аллисона», ни «Нэпира с сыном» и т. д. В СССР пример подобной удивительной трансформации показало конструкторское бюро С. А. Косберга. Занимаясь в 1940-е гг. разработкой насосов непосредственного впрыска топлива в цилиндры, в частности для швецовского АШ-82ФН, после войны КБ Косберга, получившее название «Химавтоматики» (г. Воронеж), стало очень успешным разработчиком жидкостных ракетных двигателей как для космических (верхние ступени), так и для боевых ракет.

Как уже отмечалось, проблема разработки металлических

винтов была решена только к 1925 г. применением штамповок из алюминиевого сплава — знаменитого дюраля. Но до создания винтов изменяемого шага было еще неблизко. Как раз в это время стоял вопрос: переходить с деревянных на дюралевые винты или не переходить?

Катастрофа самолета-торпедоносца при взлете с палубы нового авианосца «Саратога», вызванная потерей деревянного винта на мощном моторе, поставила точку в истории деревянных винтов для боевой авиации США. Но только к началу 1930-х гг. Колдуэллу удалось разработать надежный гидравлический (масло) механизм изменения шага винта. По оценкам инженеров, применение ИИШ повышало тягу на взлете на 40 % и скорость набора на 60 %. Это было нечто похожее на коробку передач автомобиля, только в воздухе — «малая» передача для взлета, а «большая» — для крейсерского полета. Так в 1932 г. и США, несмотря на Великую депрессию, появился двухпозиционный ВИШ. Для нового поколения скоростных самолетов-монопланов с увеличенной нагрузкой на крыло тонкого профиля (что тоже было инновацией — вспомните толстенные профили ТБ-3) это оказалось решающим — длины взлетно-посадочной полосы просто могло не хватить для взлета.

Таким образом, технология применения ВИШ оказалась критической, без которой появление нового поколения самолетов было бы проблематичным. Как обычно, новшество было первоначально встречено «в штыки»: — сложно, дорого, ненадежно» и т. д. Во всем блеске эта инновация проявилась при постановке мотора с ВИШ на самолет ДС-3. Во многом благодаря в том числе и ВИШ на тогда самом передовом моторе воздушного охлаждений «Райт» «Циклон» этот самолет обрел небывалую популярность. «Гамильтон Стандарт» и ее лицензиаты («Де Хэвиленд», «Испано-Сюиза», «Юнкерс») к 1939 г. произвели по всему миру свыше 25 тыс. ВИШ.

Следующим шагом в этом направлении было создание в 1938 г. фирмой «Гамильтон Стандарт» винта Hydromatic с непрерывно регулируемым шагом, прототипа современных винтов. Мотор при этом работал на постоянных оборотах. С этим винтом существенно облегчалась синхронизация работы многомоторной силовой установки, что особенно было важно для «летающих крепостей». Управление при изменении нагрузки осуществлялось шагом винта, а не изменением оборотов. Кроме того, повышалась безопасность полетов: при остановке мотора винт не авторотировал (производилось «флюгирование» винта), устранялись возможные «забросы» оборотов мотора (т. н. «overspeed»). Германия в 1930-е гг. существенно отставала от

США в этой области. Конечно, не нужно забывать, что успех приносит не одна инновация, а их синергия: аэродинамика, новые материалы, схемы и т. д. Не явилась исключением и авиация, в которой важную роль сыграли и винты изменяемого шага.

В СССР винтами предметно занялись с 1939 г., когда было создано специальное конструкторское бюро («ОКБ-150 по разработке винтов изменяемого шага» — из Приказа № 80 НКАП от 21.03.1939) в подмосковном г. Ступино под руководством молодого тогда конструктора К. И. Жданова (1906–1986). Ступино было выбрано неслучайно — именно там находился и находится до сих пор крупный завод по производству алюминиевых изделий для авиапромышленности. Этот «номерной» завод имел № 150. Именно в этом КБ (ныне имеющем название «Аэросила») были разработаны все винты Советского Союза, начиная от «простых» винтов изменяемого шага до уникальных двухрядных (число лопастей 8 + 6) винто-вентиляторов большой мощности (14 000 л.с.) для «несчастливого» самолета Ан-70. Передовой во всех отношениях военно-транспортный самолет киевского КБ О. Антонова Ан-70, уже начавший проходить летные испытания, с запорожскими двигателями Д-27 и винтовентиляторами СВ-27, после развала СССР оказался «не по карману» ни для России, ни тем более для Украины. Аналогичный европейский военно-транспортный самолет А-400М в это время только еще проектировался. А за время войны всей промышленностью было выпущено более 140 тысяч воздушных винтов разработки ОКБ-150.

Что же было в России? В 1912 г. в Москве, за Семеновской заставой (ныне метро «Семеновская»), началось производство лицензионного ротативного мотора «Гном» (М-2) на заводе «Икар» (№ 2), ставшим первым в России авиамоторным предприятием. Завод № 1 — это знаменитый самолетный завод у метро «Динамо». После эвакуации из Риги в Москву в 1915 г. завода «Мотор» (№ 4), производившего ремонт двигателей «Гном», оба завода объединяются. Так возникает завод № 24, после революции получивший название им. Фрунзе. Позже здесь же производится лицензионный «Либерти» (М-5) и восьмицилиндровый «Испано-Сюиза» (М-8). Во время Великой Отечественной войны этот завод был эвакуирован в Самару и там и остался под своим именем Фрунзе, а на московской площадке затем (после Великой Отечественной войны 1941–1945 гг.) завод возродили и присвоили ему номер (№ 45), ныне это — «Салют».

Первый отечественный пятицилиндровый (DxS = 125*140) авиамотор воздушного охлаждения М-11 (100 л.с.) был сконструирован Н. В. Окромешко в КБ завода № 24 (Москва) под

руководством А. Д. Швецова и с 1926 г. производился крупной серией в течение 30 лет (знаменитый учебный самолет «Поликарпов-2», или У-2, на котором начинали летать все летчики). Всего было произведено свыше 100 тыс. моторов М-11.

Также в Первую мировую войну в Александровске (теперешнем Запорожье) Петербургским акционерным обществом «Дюфлов, Константинович и К⁰» («ДеКа») был основан авиамоторный завод. В 1916 г. он выпустил первый шестицилиндровый мотор «Мерседес» мощностью 100 л.с. Модификация этого мотора мощностью 160 л.с. устанавливалась на «Илье Муромце». В 1920 г. этому заводу было присвоено имя «Большевик», и он получил номер 9. В 1924 г. он стал номерным заводом Авиапрома № 29, а в 1933 г. — имени П. И. Баранова. В 1920-е гг. запорожский завод традиционно был связан с производством лицензионных моторов французской фирмы «Гном-Рон». Вначале это был 300-сильный М-6, затем — М-11, далее, по сути, английский «Юпитер» (М-22). Моторов М-22 было произведено на заводе свыше 8 тыс. штук.

Однако для освоения высокотехнологических производств нужна собственная школа конструирования. Кто же стоял у истоков создания отечественной школы авиационного моторостроения? В России до революции 1917 г. существовали две основные школы подготовки инженеров-двигателистов — это Москва (МВТУ) и Харьков (ХТИ). Именно отсюда вышли ставшие позднее знаменитыми инженеры Николай Романович Брилинг (1876–1961) и Василий Трофимович Цветков (1887–1954).

Основатель российской школы проектирования авиационных моторов Н. Р. Брилинг.

Н. Р. Брилинг в 1918 г. одновременно с созданием Н. Е. Жуковским ЦАГИ создал НАМИ (Научно-автомоторный институт) и конструкторское бюро при нем преимущественно из выпускников МВТУ. Будущие главные конструкторы В. Я. Климов, А. А. Микулин, А. Д. Швецов, А. Д. Чаромский, В. А. Добрынин, Е. В. Урмин начинали работать под его руководством. Кроме того, сам будучи профессором МВТУ, он читал лекции по двигателям внутреннего сгорания. Сам он тоже начинал учиться в МВТУ, затем после отчисления за революционную деятельность в 1906 г. продолжил образование в техническом университете Дрездена, где защитил диссертацию «Потери в лопатках паротурбинного колеса». В НАМИ он разработал концепцию быстроходных дизелей, что привело впоследствии к созданию компактных авиационных и танковых моторов. Будучи репрессирован по инспирированному органами ОГПУ делу «Промпартии» в 1928 г.,

он уходит (или его «уходят») из НАМИ, недолго по тем временам пребывает в тюрьме, работая в КБ («шарашке») под патронажем НКВД над созданием дизельных двигателей для подводных лодок, затем (с 1933 г.) преподает и заведует кафедрой в МАДИ, в общем-то счастливо избегая вероятного последующего ареста с непредсказуемыми последствиями. А осенью 1953 г. даже избирается членом-корреспондентом АН СССР.

В. Т. Цветков после окончания в 1911 г. знаменитого Харьковского технологического института (в котором, в частности, работал ученый-механик мирового уровня А. М. Ляпунов — известны «теоремы Ляпунова» устойчивости механических систем) работает инженером-конструктором на паровозостроительном заводе в Харькове, передовом в техническом смысле предприятии того времени (будущем знаменитом танковом заводе по производству Т-34). Здесь он занимается постановкой на производство стационарных двигателей внутреннего сгорания, в том числе и судовых («Зульцер» мощностью 800 л.с.). В 1926 г. он становится техническим директором ХПЗ. В 1930 г. он едва не подвергается репрессиям по делу все той же «Промпартии», но с завода его «уходят». Как раз в это время Харьковский технологический институт разделяется на пять институтов, включая ставший вскоре авторитетным авиационный (ХАИ). В. Т. Цветков организует в ХАИ кафедру авиационных двигателей, а в Харьковском механико-машиностроительном институте— кафедру тепловых двигателей, выпускает, по сути, учебник «Двигатели внутреннего сгорания». То есть создает школу подготовки инженеров в этой области. В Харькове же в 1920—1930-е гг. работали известные ученые Г. Ф. Проскура и В. М. Маковский. Г. Ф. Проскура создал первую в СССР гидродинамическую трубу для исследования решеток профилей лопаточных машин и занимался одним из первых в мире пространственным профилированием (то, что сегодня называется технологией 3D-проектирования) лопаток. А В. М. Маковский был специалистом по газовым турбинам и создателем кафедры газотурбостроения в Харьковском механико-машиностроительном институте. Так что неудивительно, что Харьков явился одним из центров рождения будущих генеральных конструкторов авиационных двигателей А. М. Люльки и А. Г. Ивченко.

Бороничев-Чаромский (из села Чаромского) (1899–1982) — бывший техник эскадрильи, а затем выпускник Военно-воздушной инженерной академии им. Жуковского (1928 г.). Он тоже начинает работать в НАМИ, но уже в 1930 г. с помощью своего боевого товарища по Гражданской, а к этому времени

высокопоставленного лица — начальника ВВС СССР (а затем и руководителя авиапромышленности) Петра Ионыча Баранова «пробивает» на базе части лаборатории НАМИ в Лефортово и винтомоторной лаборатории ЦАГИ создание ИАМ (Институт авиационного моторостроения). Для этого он организует письмо Сталину и Ворошилову, надо думать, при содействии Баранова. Позже ИАМ становится ЦИАМ им. Баранова (с 1933 г. после его безвременной смерти в катастрофе), а Чаромский — его первым главным конструктором. Сам он продолжает работы над авиационным дизелем М-30 (позднее имевшим его инициалы АЧ-30Б), который будет установлен во время войны на выпускавшийся небольшой серией бомбардировщик конструкции Бартини («Сталь-3»), получивший обозначение Ер-2 по имени одного из начальников ГВФ Ермолаева, конкурента ИЛ-4 (ДБ-3) и ИЛ-6. Репрессии 1930-х не обходят стороной и Чаромского — в 1938–1942 гг. он тоже работает в «шарашке». В качестве серийного завода для производства авиационных дизелей используется вначале ремонтный завод ГВФ в Тушино, а с 1942-го после реэвакуации из Казани — № 500 (ныне ММЗ им. Чернышева: Чернышев был директором завода в Запорожье, а позже — завода № 500). После войны Чаромский получит все возможные награды и генеральское звание и станет известным как «отец» авиационных дизелей. Хотя при этом невредно бы вспомнить про Н. Р. Брилинга.

Одновременно с Чаромским в ЦИАМе начинает работать начальником отдела бензиновых двигателей и В. Я. Климов (1892–1962), выпускник МВТУ (1917 г.). В. Я. Климов, видимо, тоже как-то был связан с тогдашним влиятельным начальником Управления ВВС РККА П. И. Барановым, поскольку именно последний назначил его в возрасте 30 (!) лет председателем приемочной комиссии по госприемке мотора М-5, советского «Либерти», а позже, уже в 1924 г., председателем закупочной комиссии образцов немецкого БМВ-VI. С этой целью он находится в Берлине в командировке полтора (!) года. В 1928 г. Климов — вновь за границей, уже в Париже: оформляется закупка мотора «Юпитер» (М-22). В 1933 г. опять загранкомандировка для закупки лицензии на производство мотора «Испано-Сюиза» (будущего М-100). Между этими вояжами В. Я. Климов успевает поработать один год (1930 г.) в Запорожье, в том числе некоторое время техническим директором завода и принять участие в оформлении лицензионного договора на производство мотора «Мистраль Мажор» (М-85). Как только (в 1930 г.) из НАМИ все тот же П. И. Баранов выделяет ИАМ, Климов назначается (1931 г.) начальником отдела бензиновых моторов. А после закупки

лицензии на «Испано-Сюизу» в 1935 г. он, наконец, надолго становится главным конструктором в Рыбинске. Бурная и головокружительная карьера, несколько опасная для становления инженера с точки зрения «вызревания». Как будто ему специально делали биографию. «Резюме», по-нынешнему, у него получилось хорошее. В технике, однако, как и в армии, ступени карьерного и профессионального роста лучше проходить (выслуживать) постепенно.

В ИАМ (отдел Климова) работал и будущий генеральный конструктор, академик и большой оригинал А. А. Микулин. Еще работая в КБ Брилинга, Микулин участвовал в конкурсе (1922 г.) на создание 150-сильного мотора (микулинский проект М-12) для учебного самолета-биплана По-2 («Поликарпов-2»), но проиграл КБ завода № 24 под руководством Швецова (мотор М-11). Существовала и отечественная разработка современного 12-цилиндрового мотора жидкостного охлаждения мощностью 700 л.с. (М-13) под руководством самого Брилинга. Было сделано в Рыбинске три экземпляра мотора, но в силу ряда причин, в том числе и гонений на самого Брилинга, доводка его была прекращена.

Основным авиадвигателем этого времени (1931–1934) в советской авиации стал немецкий лицензионный 12-цилиндровый V-образный мотор М-17 (BMW-VI) мощностью 680 л.с., производившийся в Рыбинске на заводе № 26. Этот завод — старейший в российском авиапроме. Он был основан по указу Николая II во время Первой мировой войны (в 1916 г.) в тылу как один из пяти автомобильных заводов (филиал петербургского завода «Русский Рено»). А в 1924 г. завод, к тому времени закрытый из-за кризиса, был взят на баланс передачей из автопрома в авиапром и получил обозначение как ГАЗ (Государственный авиационный завод) № 6 (с 1928 г. — № 26). В том же 1928 г. в честь погибшего в автокатастрофе председателя Авиатреста В. Н. Павлова заводу было присвоено его имя, которое он не сохранил. Забыты ныне имена первых руководителей авиационной отрасли: В. Н. Павлов, П. И. Баранов, А. И. Шахурин.

В 1927 г. в СССР в связи с военной угрозой после разрыва дипотношений с Англией стали концентрировать оборонную промышленность под единым государственным управлением. Ситуация с производством военного снаряжения вто время была катастрофическая. Так, мощность авиационных заводов в 1927 г. составляла только 15 % французского авиапрома. В техническом плане отставание было еще больше: ни мощных моторов, ни современных разработок самолетов не было. Появился и мобилизационный план (С-30) на случай войны и на его основе

сформированы задания на строительство и оснащение современным импортным оборудованием оборонных заводов. Эти задания и вошли в план Первой пятилетки. Было выделено 56 действующих заводов военно-промышленного комплекса и им присвоены порядковые номера. Заводы стали «номерные», как тогда говорили, в документах же они именовались «кадровыми». Символично, что номер «первый» получил именно авиационный завод (им. Авиахима у метро «Динамо»).

В 1928 г. оборонные заводы были объединены в шесть трестов (типа сегодняшних холдингов), работающих на хозрасчете, т. е. заводы работали уже достаточно экономически эффективно. Координация была возложена на Главное управление военной промышленности (ГУВП) ВСНХ (Высший Совет народного хозяйства). В авиатресте в это время было 11 авиационных заводов. Но тресты просуществовали недолго — в 1932 г. «кадровые» заводы передаются в Наркомтяжпром, в котором организуется авиационный главк (главное управление), объединяющий 17 заводов.

В 1931 г. Постановлением Совета Труда и Обороны (председатель — В. М. Молотов) принимается решение «приступить к переговорам о закупке за границей трех опытных наиболее совершенных и мощных бензиновых и 4 образцов нефтяных двигателей для изучения их конструкций в ИАМе и в полуторамесячный срок доложить СТО о требующемся дополнительном отпуске валюты… Для обеспечения выполнения намеченного плана авиационного строительства и освобождения от заграничной зависимости по техснабжению начиная с 1933 г. (исключая алюминий) считать необходимым привлечение иностранной технической помощи, для чего обязать ВАО заключить договора с иностранными американскими и европейскими фирмами на нижеследующие объекты с внесением на утверждение Правительства.

а) По инструментальному хозяйству.

На техническую помощь на постановку всех видов инструмента для всей авиационной промышленности с соответствующими иностранными фирмами (Германия, Италия, Англия).

б) По разрезным крыльям.

Приобрести у английской фирмы «Х. Пейдж» лицензию на разрезные крылья.

в) По хромо-молибденовым трубам.

На оказание технической помощи по постановке производства хромо-молибденовых труб с одной из иностранных фирм (Англия, Швеция).

г) По поршневым кольцам.

На оказание технической помощи на постановку производства поршневых колец для авиационных моторов с одной из иностранных фирм (Италия, Германия, Америка и др.).

д) По алюминиевому литейно-ковочному производству.

С американской фирмой «Американская алюминиевая компания» на оказание технической помощи по литью, ковке, штамповке и термообработке цветных легких и ультралегких сплавов, а также по литью импеллеров, ковке и штамповке металлических винтов. При заключении договоров предусмотреть оказание технической помощи как по проектированию, постройке и подбору оборудования литейного завода, так и по разработке технологических процессов, подбору формовочных земель, спецификации материалов и т. д.

Если соглашение с «Американской алюминиевой компанией» не состоится, договор заключить с фирмой «Кертис-Райт» или с фирмой «Бон Алюминиум Компании», или с одной из европейских фирм.

е) По изготовлению специальных изделий и деталей.

С американской фирмой «Бендикс» на постановку

производства карбюраторов типа Стромберг, самопусков Эклипс электромеханического и электро-инерционного типа и тормозных колес.

ж) С американской фирмой «Гамильтон» на техническую помощь на механическую обработку и изготовление винтов из поковок (стальные для втулок и дюралевые для лопастей).

з) По производству клапанов.

С американской фирмой «Томсон» на техническую помощь и постановку на производства клапанов к авиационным моторам.

и) По производству подшипников.

С американской фирмой «Аллисон» на техническую помощь и постановку производства подшипников.

к) По моторостроению.

1. С американской фирмой «Кертис-Райт» на оказание техпомощи по проектированию, постройке и оборудованию двух моторостроительных заводов: одного на 10 000 мощных моторов водяного охлаждения типа «Кертис Конкверер» и другого на 10 000 маломощных моторов воздушного охлаждения «Райт» 165 л.с. и 5 000 мощных моторов воздушного охлаждения типа Райт-Циклон.

2. Приобрести лицензии на вышеуказанные моторы «Кертис Конкверер» и «Райт» во всех его типах.

При заключении договоров учесть необходимость обеспечить не только получение технической помощи на существующие

образцы и методы изготовления, но также по развитию образцов и методов» [35].

Автор привел это Постановление почти целиком в качестве примера того, какие из «критических» технологий производства авиамоторов отсутствовали в СССР к началу 1930-х гг. Можно отметить также и квалифицированный выбор того, что рекомендовалось закупить. В частности, моторы «Кертис Конкверер» («Завоеватель») 600 л.с. и «Райт-Циклон» были тогда новейшими разработками. То же касается и подшипников «Аллисон», как мы помним, именно здесь эта фирма преуспела еще при модернизации мотора «Либерти». Небезынтересно посмотреть, какие моторы и в каком количестве выпускались в это время для советской авиации [35].

№ п/п	Марка мотора	Кол-во на 1931 г.
1	М-17 (БМВ-6)	900
2	М-22 («Юпитер»)	281
3	М-11	971
4	М-15	430
5	М-27	150
6	М-26	410
7	М-19	10
8	М-34	8
9	Всего	3160, в т.ч. для ВВС 2090

Из этой таблицы хорошо видно незавидное состояние авиамоторной отрасли в СССР накануне «большого скачка»: в основном это устаревшие лицензионные моторы.

В 1935 году подвели первые итоги: основные моторные заводы (№ 24 в Москве — 15 тыс. моторов/год, № 19 в Перми — 6 тыс. моторов / год, № 26 в Рыбинске — 10 тыс. моторов/год, № 29 в Запорожье — 5 тыс. моторов/год, № 16 в Воронеже — 16 тыс. маломощных моторов М-11 /год, новый завод в Казани — 6 тыс. моторов/год) модернизированы и построены. В СССР появилась современная авиамоторная промышленность, планировалось к 1939 г. нарастить суммарную мощность авиамоторных заводов до 57 тыс. штук в год.

В 1936 г. в связи с расширением объема производства из Наркомтяжпрома выделяют Наркомат оборонной промышленности, а в 1939 г. по той же причине из него (в числе прочих отдельный) Наркомат авиационной промышленности. Наркомат авиационной промышленности (с 1940 г., когда за авиацию взялся сам Сталин, наркомат возглавляет 36-летний

нарком А. И. Шахурин) был самым крупным подразделением оборонной промышленности. В него входило 86 заводов, 9 НИИ и КБ, 5 стройтрестов, 7 институтов и 15 техникумов. По объему выпускаемого валового продукта, численности работающих и объему капитального строительства Наркомат авиационной промышленности составлял 30 % всей оборонной промышленности [41].

Еще в 1927 г., пользуясь только что (1926 г.) подписанным договором с Германией, в Мюнхен на стажировку выезжает группа специалистов завода, а в октябре того же года подписывается договор об оказании технической помощи заводу со стороны Баварских моторных заводов (БМВ), включая покупку лицензии на производство мотора BMW-VI, или, по советской классификации, М-17. Этот мотор производился с небольшими модификациями десять лет — с 1928 по 1938 г. Первые два года мотор собирался в Рыбинске из немецких комплектов деталей, а с 1930 г. — полностью отечественного производства. Всего было выпущено 8 тыс. моторов. Этот мотор стоял тогда на всех основных типах советских самолетов: поликарповском биплане Р-5, морском ближнем разведчике Григоровича МБР-2, туполевских бомбардировщиках ТБ-1 и ТБ-3.

Вообще в начале 1930-х гг. старую инженерную школу МВТУ в авиации потеснили более энергичные и имевшие связи наверху военные — выпускники ВВИА им. Жуковского. Нельзя сказать, что это дало положительные результаты — фундаментальная подготовка этих двух инженерных школ сильно отличалась не в пользу военных, а амбиции у последних были большие. Собственно же авиационная инженерная школа только начала создаваться — в 1928 г. от МВТУ отпочковалось ВАМУ (Высшее Азро-Механическоеучилище, позже, с 1929 г., ставшее Московским авиационным институтом).

Амбициозный Микулин разрабатывает в ЦИАМе вначале проект модификации мотора М-17, а именно М-34. Оставив неизменной роторную поршневую группу, Микулин сосредоточился на изменении силовой схемы корпуса. В тени Микулина работает его бывший коллега по конструкторскому бюро в НАМИ В. А. Добрынин, на плечи которого ляжет основная работа по доводке М-34 в Рыбинске. Став в 1936 г. во главе КБ завода № 24, Микулин с коллегами к 1941 г. разрабатывают самый мощный мотор того времени АМ-35 (1350 л.с.), оказавшийся, однако, неудачным (тяжелым) применительно к истребителю. Позже на его основе был создан АМ-38 для штурмовика Ил-2. Добрынин из-за разногласий с Микулиным уходит из его КБ и в 1939 г. фактически становится главным

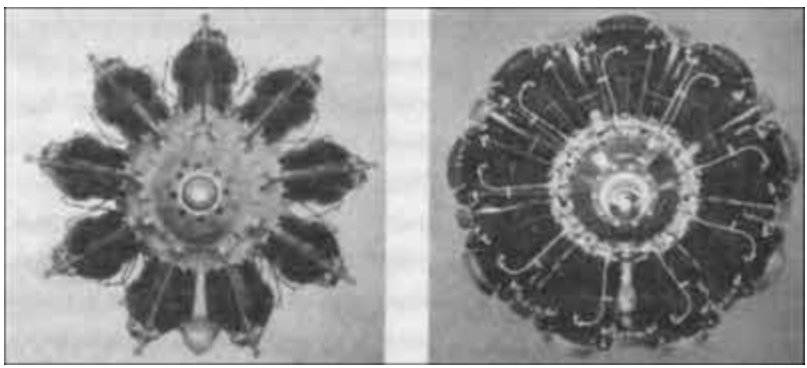
конструктором КБ-2 при МАИ, в котором начинается разработка мощного (2500 л.с.) 24-цилиндрового мотора водяного охлаждения Х-образной схемы М-250 (по 6 цилиндров в четырех рядах). Эта незаконченная разработка, имевшая драматическую судьбу в связи со вскоре начавшейся войной, сыграет-таки свою роль в истории советского авиамоторостроения. В ее ходе создавалась новая конструкторская школа. А в негласном споре конструкторских школ бывших коллег Микулина и Добрынина в конечном счете победит Добрынин. Не последнюю роль в этом сыграет его «европейский» стиль работы. Но об этом — далее.

Самолетостроение очень быстро развивается (нарастает инновационная волна), и ему нужны все более мощные и надежные двигатели, которых в стране нет. Время является критическим фактором в предвоенной гонке: в том, что война неизбежна (или с Англией, или с Польшей, или с Японией), никто не сомневается. В СССР — состояние враждебного окружения капиталистических государств. Используя мировой экономический кризис и связанную с этим благоприятную конъюнктуру (кроме СССР, заказчиков нет), правительство принимает решение о закупке лицензий и целых заводов за рубежом. В качестве партнеров, как мы видели, выбираются уже известные нам французские компании «Гном-Рон» и «Испано-Сюиза» и американская «Райт», основанная знаменитыми братьями.

Еще до решения о закупке лицензий разворачиваются строительные работы по расширению и возведению заводов с нулевого цикла для серийного производства современных авиамоторов в Запорожье («Гном-Рон»), Рыбинске («Испано-Сюиза») и Перми (вначале планировалось производство мотора М-22, т. е. лицензионного мотора воздушного охлаждения фирмы «Гном-Рон», а затем было принято решение о договоре с «Кертис-Райт»). Судьбы Пермского и Рыбинского моторных заводов с этого времени неразрывно связаны: и до войны И. И. По-бережский, и после войны М. И. Субботин будут выдающимися директорами этих заводов, а швецовские (ALU-62ИР и АШ-73ТК) и соловьевские (Д-30КУ.-КП) двигатели будут производиться в Рыбинске. Да и сам главный конструктор швецовского КБ П. А. Соловьев закончил Рыбинский авиационный институт в 1940 г.

Во Францию, как уже нам известно, выезжает В. Я. Климов, а в США — будущий директор Пермского завода, крупный организатор Авиапрома И. И. Побережский и технический директор А. Д. Швецов для принятия решения о закупке лицензий и технологий. Выбраны три самых современных двигателя: 14-

цилиндровая двухрядная звезда воздушного охлаждения «Мистраль-Мажор» мощностью 725 л.с. («Гном-Рон»), классический 12-цилиндровый V-образный двигатель жидкостного охлаждения HS-12Y («Испано-Сюиза») и 9-цилиндровая однорядная звезда воздушного охлаждения «Циклон» («Кертис-Райт») мощностью 635 л.с. Соответственно конструкторское сопровождение производства этих двигателей, получивших традиционную маркировку «М», и их дальнейшую модификацию на новых заводах осуществляют Назаров А. С. (Запорожье, завод № 29), Климов В. Я. (Рыбинск, завод № 26) и Швецов А. Д. (Пермь, завод № 19). Соответственно советские аналоги лицензионных моторов получают индексы М-85, М-100, М-25. Так сформировались основные моторные школы в СССР, в одной из которых автор этих строк проработал почти полвека. Это школа Брилинга — Швецова — Соловьева.



Но 1930-е гг. — время непростое. Всеобщая подозрительность, дефекты и аварии в авиации интерпретируются «органами» НКВД как «вредительство» и «саботаж». А между тем дело было в обыкновенном неумении одних при массовом освоении сложной техники и безудержном «карьеризме» других. Еще Ф. М. Достоевский в «Бесах» пророчески написал про «социалистов»: «Все они от неумения вести дело страшно любят обвинять в шпионстве». Очень хорошо описана атмосфера того времени на пермском заводе № 19 в книге С. Федотовой «Пермские моторы. История и легенды»:

«В октябре 1936 г. (сразу после завершения Первого московского процесса Зиновьева и Каменева. — А.В.) начальник отдела кадров завода № 19 (Морзо) начнет писать докладную записку в НКВД: «В результате изучения троцкистов и правых у меня сложилось полное впечатление группировки на заводе троцкистско-правых враждебных элементов». Как он позднее сам рассказал, «записка с первых же строк вызвала сильнейшую реакцию у Побережского. Он нервничал, придирался к каждой букве, возмущался тем, что я написал в НКВД, ругал меня. В чем дело? Вместо того чтобы быть довольным и помочь мне разобраться еще больше, он возмущался. Это не могло во мне не возбудить настороженность и недоверие». Далее Морзо стал вызывать людей на беседу. Результаты анкетирования были ошеломляющими: на заводе было выявлено 500 кулаков, белогвардейцев, попов, торговцев, харбинцев, троцкистов, правых и лиц немецкого, польского и латвийского происхождения и, как писал Морзо, «имеющих заслуживающие внимания связи с заграницей, явно подозрительных на шпионаж». Если быть конкретным, то белых офицеров выявлено 220, «беляков» —180, попов—4. Все они были уволены. Однако под Новый, 1937 год Побережский вернулся из Москвы воодушевленным. Большой коллектив пермских моторостроителей наградили орденами и медалями, орден Ленина получил и директор. И еще: он привез телеграмму Сталина, в которой тот указывает горкому ВКП(б) прекратить травлю руководства завода № 19, создать обстановку полного доверия и все условия для выполнения правительственного задания». (Федотова, с. 35). Вот как это собственноручно Сталиным написано в телеграмме:

«Пермь, секретарю горкоматов. Голышеву.

До ЦК дошли сведения о преследованиях и травле директора

моторного завода Побережского и его основных работников из-за прошлых грешков по части троцкизма. Ввидутого, что как Побережский, таки его работники работают ныне добросовестно и пользуются полным доверием у ЦК ВКП(б), просим вас оградить товарища Побережского и его работников от травли и создать вокруг них атмосферу полного доверия.

О принятых мерах сообщите незамедлительно в ЦК ВКП(б).

26 дек. 1936 г. Секретарь ЦК Сталин.

(Центр. Партархив ИМЛ, ф. 17, оп. 2, д. 612.)

Такие телеграммы Сталин посылал нечасто.

Далее С. Федотова пишет: «От Морзо все отшатнулись. На заводском новогоднем банкете Побережский заставлял Морзо снова и снова читать телеграмму Сталина. В общей сложности Морзо пришлось ее прочесть раз семь-восемь. А когда они остались одни, Побережский начал его ругать. «Если еще будут записки в НКВД без моей санкции, выгоню с завода». Однако спустя всего год, в конце января 1938 г., Побережский скажет: «Проводится поголовное шельмование честных работников, районные собрания готовятся, как Варфоломеевская ночь для меня и моих работников. Меня травят теперь уже внутри завода» (Федотова, с. 36).

Что же произошло в этом страшном 1937 г.? Внутриполитическая ситуация изменилась кардинально — Сталин «открыл огонь» по потенциальным заговорщикам, в первую очередь, военным, после мятежа (июль 1936 г.) в Испании генералов Санхурхо и Франко. Полувоенный стиль жизни в СССР в 1930-е гг. отражался и в повышенном политическом весе военных. Военные представители на заводах, выполнявшие, казалось, технологическую функцию контроля качества продукции, были тем не менее кадровым резервом на замещение первых лиц директоров (наравне с парторгами ЦК на особо важных заводах, т. е. подчиняющихся напрямую ЦК), которые тоже имели воинские, часто генеральские звания. Первым главным военпредом на заводе № 19 был, в частности, Примаков, брат (как все взаимосвязано!) известного героя Гражданской войны (командира дивизии Червонного казачества, отличившегося в решающем сражении с Деникиным под Орлом в 1919 г.), арестованного уже в августе 1936 г. Очевидно, что последствия ареста его брата определили и его судьбу, которого вскоре (1937 г.) арестовывают вслед за братом, в то время зам. командующего одним из четырех важнейших военных округов — Ленинградским. Старшим военпредом завода назначается Г. В. Кожевников.

Автор этих строк хорошо знал Германа Васильевича: он был

другом нашей семьи, учился вместе с отцом в МАИ, на моторном факультете. После окончания института в феврале 1935 г. многих из их выпуска призывают в РККА, присваивают капитанские звания и направляют в военное представительство на новый завод № 19 в Перми. Все вместе с семьями приезжают в Пермь.

Положение тогда усугублялось тем, что многие специалисты (и инженеры, и рабочие) при подготовке производства лицензионных моторов проходили стажировку за границей. «Связь с заграницей» всегда выглядела подозрительно в СССР — допускалась возможность вербовки не существовавшим еще тогда ЦРУ. Из семидесяти человек, стажировавшихся в США с завода № 19, после репрессий 1937–1938 гг. в живых осталось тридцать.

В феврале 1938 г. вызывают в Москву, в ЦК, парторга В. М. Дубова. После тринадцати (!) дней ожидания приема у Сталина наконец происходит встреча. «Сталин интересовался, как идут дела, продолжают ли дымить моторы, а потом встал, подал ему руку и сказал: «Желаю успехов, товарищ директор». Дубов ответил: «Товарищ Сталин, я ведь парторг ЦК завода, а не директор». «Нет, вы — директор. Поезжайте и работайте» (Федотова, с. 59). Как раз в это же время в Москву вызвали и Побережского.

«В марте 1938 г. Побережского вызвали в Москву, в наркомат. В приемной к нему подошел начальник заводского снабжения и попросил помочь решить вопрос о поставках материалов. Побережский обещал это сделать после того, как узнает, зачем его вызвали. Через несколько минут снабженец увидел, что директор в сопровождении двух человек спускается по лестнице. Он хотел броситься к нему, но что-то странное в лице директора удержало его. Они прошли мимо и скрылись в ожидавшей у подъезда машине. Было 4 марта. На следующий день в квартире Побережских был обыск, а в центральной фотолаборатории заводской фотограф в присутствии сотрудников НКВД разбивал стеклянные пластины с его изображением» (Федотова, с. 39).

Аресты идут по всей стране: в Запорожье арестован директор завода № 29 С. А. Александров, при котором завод прошел самый сложный период освоения лицензионных моторов. В это же время арестовываются и руководство воронежского завода № 16 — директор Г. С. Девлариани и главный конструктор А. С. Назаров, начинавший работу с лицензионными моторами в Запорожье и переведенный в Воронеж. (А. С. Назаров, к счастью, не был расстрелян, а продолжал работать в «шарашке» НКВД, после смерти Сталина был реабилитирован.) Хотя и

С. А. Александров, и А. С. Назаров были за эту работу награждены орденами, как и И. И. Побережский, но запорожские

модификации повышенной мощности М-86, М-87 французского мотора «Мистраль Мажор» (М-85) имеют дефекты, надежность их ниже, чем у прототипа. Проблема, как всегда, в том, что точно воспроизвести все элементы такой сложной системы, как авиационный мотор, не удается. Здесь подводят отечественные подшипники

С февраля 1938 г. главным конструктором запорожского ОКБ-29 становится С. К. Туманский, под руководством которого ведется работа по модификации М-88 — повышения мощности до 1100 л.с. Выпускник ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского С. К. Туманский начинал работать в только что организованном ЦИАМе и по роду деятельности ведущего инженера по заводу № 29 участвовал в освоении М-22—лицензионного «Юпитера». Кроме того, у Туманского хорошие связи среди перспективных выпускников академии Жуковского: и однокашник, будущий министр авиапрома П. В. Дементьев (в это время директор самого известного авиазавода № 1), и его «большой друг» А. Н. Пономарев, будущий замглавкома ВВС.

Но… в декабре того же 1938 г. гибнет шеф-пилот ОКБ Поликарпова Валерий Чкалов на самолете И-180, оснащенном новой модификацией М-87 того же лицензионного мотора. Как известно [8], наиболее вероятной причиной катастрофы самолета было заглохание мотора при приемистости из-за недостаточной производительности подкачивающего бензонасоса. Мощность М-87 была выше, чем у прототипа, и при резкой даче газа требовалось больше топлива. В связи с этим мотор М-87 был отнюдь не случайно оборудован двумя подкачивающими бензонасосами и в такой компоновке был отлажен на заводском стенде перед отправкой на летные испытания.

Однако самолетчики решили поставить на это место приводного агрегата дополнительный гидронасос (для надежности управления шасси) и один бензонасос сняли. В довершение к этому стоял мороз —25 °С. При резкой даче газа произошло «обеднение» смеси из-за недостаточного расхода топлива, а из-за холода граница устойчивого горения, естественно, сместилась в область более «богатой» (по отношению расходов топлива и воздуха) смеси. Неблагоприятное сочетание факторов привело к срыву горения и заглоханию мотора. Отсутствие жалюзей, регулирующих обдув мотора, вряд ли явилось причиной заглохания из-за переохлаждения мотора: проблемой моторов воздушного охлаждения всегда был их. перегрев. Кстати, ведущий инженер ОКБ-29 по летным испытаниям мотора Е. Гинзбург не подписал разрешение на этот роковой вылет, но его обошли и полет разрешили.

Хотя вины мотористов в этом нет, но мотор М-87 теряет репутацию, а главным конструктором ОКБ-29 становится Е. В. Урмин, ученик Н. Р. Брилинга еще по НАМИ. Под его руководством группой Г. П. Водолажского в ОКБ продолжают разрабатываться следующие модификации исходного «Мистраль-Мажора» — М-89 (1300 л.с.) и «двухтысячник» М-90. Если сравнить конкурентов — швецовский М-71 и урминский М-90, которые оба являются модификациями лицензионных двигателей, то можно сделать следующие выводы. Задача «запорожцев» была проще — конструкция прототипа уже была двухрядной звездой («Мистраль Мажор»), в то время как «пермяки» имели однорядный прототип («Циклон»), который нужно было еще развить до двухрядной схемы. При одинаковой с М-71 мощности 2 000 л.с. М-90 был компактнее за счет меньших размеров диаметра цилиндров и хода поршня. То есть М-90 имел все предпосылки выиграть гонку за мощный двухтысячник. Но ОКБ-29 не везет — начинается война и эвакуация в Омск. А там приходится заниматься совсем другим делом — осваивать серийное производство швецовского АШ-82ФН. Ведущий конструктор-разработчик М-90 Г. П. Водолажский летит на самолете из Омска в Пермь на утверждение в должности заместителя А. Д. Швецова на омской площадке и… гибнет в авиакатастрофе.

Директором пермского завода № 19 бывший парторг ЦК В. М. Дубов тоже был недолго. После исчезновения экипажа Леваневского, осуществлявшего рекордный перелет в США на четырехмоторном самолете конструкции Болховитинова (знаменитый завод № 22 в Филях, в 1920-е «Юнкерс), по результатам следствия арестовывается директор Московского моторного завода № 24 им. Фрунзе Марьямов. На самолете Леваневского стояли микулинские моторы АМ-34 — директора завода обвинили во вредительстве. В 1940 г. Дубова переводят на должность директора завода № 24, а директором пермского завода, естественно (в сталинские времена иерархия должностей после директора или парторг, или старший военпред), назначается 33-летний старший военпред завода Г. В. Кожевников. Так он попадает в «большую» историю — в журнал приемов Сталиным.

Мало кто знает, что до 1950-х гг., пока не появилась реактивная авиация, требующая аэродромов с бетонным покрытием и высотные испытательные стенды в ЦИАМ, моторные заводы имели свои летно-испытательные станции (ЛИСы). То есть моторы проходили летные испытания в том числе и на натурных самолетах. Так, при Пермском моторном заводе № 19 тоже был

ЛИС — вполне приличный охраняемый аэродром с травяным покрытием, хорошим крытым капитальным ангаром для проведения ремонтных работ и монтажа моторов на самолетах, метеостанцией, парком самолетов. В составе ЛИСа был и штат опытных летчиков-испытателей моторов. Часть из них воевала в Китае, в Испании, а с началом войны и с Германией. Во время и сразу после войны на этом аэродроме базировались, кроме отечественных Ли-2, Ту-2, Ла-5, По-2 и «живые» трофейные транспортные «Юнкерс-52», истребители «Фокке-Вульф-190», а также американские ленд-лизовские «Бостоны». На ЛИСе проводились летные исследования особенностей работы моторов в различных условиях эксплуатации (обледенение и т. п.), проводились комиссионные испытания — контрольные сорокаминутные полеты — за партию выпущенных серийных моторов. Как известно, все моторы перечисленных выше самолетов были однотипными — звезды воздушного охлаждения, т. е. родственными выпускаемым серийно на заводе № 19. Одновременно аэродром использовался и как транспортный цех быстрой доставки самолетами комплектующих либо на моторный, либо на самолетный завод или даже (позже) на фронт. На По-2 летали и на охоту, благо вокруг были в изобилии леса и реки — он легко садился на обычный пойменный луг. Автору в детстве приходилось сидеть в кабине «живого» «Фокке-Вульфа-190». Надо сказать, его кабина поражала хорошей эргономичностью: удобство и цветная индикация состояния систем производили такое же сильное впечатление, как и при первом знакомстве с современным импортным автомобилем типа «Ауди» после советской «Волги».

Перед войной Сталин после проведенной им «зачистки» кадров 1937–1938 гг. лично занялся авиационной промышленностью, так как оказалось, что пока занимались поисками «шпионов», темпы перевооружения боевой авиации отстали от политических изменений в мире. Неслучайно в августе 1939 г., когда война была уже на пороге, принимается постановление Политбюро, высшего органа политического управления страной, «О развитии авиамоторных заводов», предписывающее удвоить производство современных авиамоторов. А в сентябре того же года принимается аналогичное постановление «О реконструкции существующих и строительстве новых самолетных заводов», в соответствии с которым предписывалось строительство 9 новых и реконструкция 9 имеющихся авиазаводов. [41] В этом же 1939 г., как мы уже видели, образуется и отдельный Наркомат авиационной промышленности.

27 марта 1940 г. Постановлением ЦК и Совмина СССР за подписями Сталина и Молотова в составе Наркомата авиационной промышленности создается специальное Управление опытных КБ самолетостроения и моторостроения с целью концентрации ресурсов на опытных, т. е. перспективных, разработках. В это Управление передаются все опытно-конструкторские бюро и цехи серийных заводов, исследовательские институты и специальные опытные заводы. В это объединение, в частности, вошли Центральный институт авиамоторостроения (ЦИАМ) им. Баранова и КБ при Московском авиационном институте (КБ-2).

14 мая 1940 г. в Комитет Обороны при Совнаркоме СССР («тов. Лешукову») был направлен доклад о состоянии Военно-Воздушных Сил СССР. В нем, в частности, отмечалось отставание по скоростям наших серийных самолетов от самолетов передовых капиталистических стран: по истребителям — на 50–70 км/час, по бомбардировщикам — на 30–60 км/час. Анализировались и причины этого отставания: «Основным тормозом в развитии наших самолетов является мотор. Здесь наша отсталость от передовых капиталистических стран очень целика. Моторы М-63, М-88 и М-105, которые поступают и серийное производство с большим количеством дефектов, ненадежны в полетах, часто отказывают, срок работы этих моторов очень небольшой. Наши хорошо отделанные самолеты с моторами одинаковой мощности с немецкими DB.601 дают все-таки меньшую скорость только потому, что мы до сего времени не имеем хорошего винта» [12].

Если проанализировать журнал посещений Сталина и 1941 г. (излюбленное занятие историков), то можно увидеть его приоритеты рассматриваемых вопросов и устойчивую структуру организации совещаний. Понятно, что наиболее часто посещают Сталина нарком обороны (Тимошенко) и начальник Генерального штаба (Жуков): почти ежедневные рутинные доклады о состоянии дел и решение текущих вопросов огромной работы по строительству армии — типичные «оперативки». Понятно, что каждый день решаются политические вопросы узким кругом лиц: Сталин, Молотов, Жданов, Маленков, реже Берия, Микоян, Ворошилов, Каганович. Причем характерна сталинская технология принятия решений: наиболее важные решения Сталин принимает при обсуждении вопроса вдвоем с «экспертом». Молотов — по внешней политике, Маленков — по авиации, Берия — по безопасности и т. д.

Но не менее часто проходят совещания по авиации. Здесь круг участников существенно шире: начиная от Шахурина (молодого 36-летнего выдвиженца, наркома авиапрома) с

практически ежедневным докладом о состоянии дел, главкома ВВС (Рычагова, а с апреля Жигарева) до главных авиаконструкторов. Очевидно, что Сталин уделял большое время (не менее 30 % рабочего времени) сугубо техническим вопросам авиации, чего не скажешь ни о флоте, ни о других родах вооруженных сил (артиллерии, танках и т. п.), которые почти не представлены в персональном составе участников совещаний. Например, проблемы флота обсуждались у Сталина всего один раз в 1941 г. до начала войны (против 40 совещаний по авиации!). Правда, программа строительства флота (серия из четырех уже заложенных линкоров «Советский Союз», «Советская Россия», «Советская Украина» и «Советская Белоруссия») в 1940 г. была приостановлена. Броня требовалась для танков. Истребительная авиация — вот где Сталин остро ощущал отставание от Германии, и здесь он был прав. К этому времени основной советский истребитель И-16 уже проигрывал немецкому скоростному Ме-109, что проявилось еще в Испании.

Н. Н. Поликарпов вместе с М. И. Гуревичем, бывшим у него руководителем проектного отдела, к 1939 г. спроектировали два современных скоростных самолета: И-18 и И-20, из которых вышли известные истребители Ла-5 и МиГ-3. На опытном И-18 (индекс 0, т. е. И-180) в декабре 1938 г. разбился знаменитый Валерий Чкалов. Гибель Чкалова приостановила работы над И-180. В это же время шла жестокая борьба за монополию в истребительной авиации, инициатором которой был А. С. Яковлев, бывший конструктором легкомоторной авиации. Пользуясь служебным положением (замнаркома авиапрома) и обусловленной этим близостью к Сталину, судя по всему, именно он вначале инициировал разделение поликарповского КБ и передачу наиболее квалифицированных кадров (включая Гуревича) во вновь созданное на его месте КБ под руководством бывшего военпреда Артема Микояна. Микоян до этого в составе «тысячи» был переведен из военной приемки в промышленность (КБ Поликарпова). Воспользовались удобным моментом отсутствии Поликарпова: он был командирован в 1939 г. в Германию в составе делегации специалистов авиапрома. При этом вместе с коллективом конструкторов в новое КБ ушел» и проект самолета И-20, ставший впоследствии скоростным МиГ-3. Поживились наследием Поликарпова, судя по всему, и другие министерские работники (Лавочкин с Гудковым и Горбуновым), использовав проектную документацию И-18 для «своего» ЛаГГ-3, позднее переделанного в Ла-5. Сам Поликарпов к 1941 г. разработал новую модификацию еще более скоростного И-18 (5-я модель, т. е. И-185) под новый мощный (2000 л.с.) мотор «70-й»

серии М-71, двухрядную «звезду» на базе американского мотора «Циклон», разработанный А. Д. Швецовым. Однако мотор М-71 создавался тяжело, надежность его была недостаточной. В конце концов в серию он так и не пошел.

В будущей войне с Германией, в которой никто не сомневался, ставка в авиации Красной Армии была сделана на истребитель И-20 (ставший МиГ-1, а с 100-го номера после внесения изменений по результатам испытаний — МиГ-3). Таким образом, на 1941 год уже была утверждена серьезная программа выпуска МиГ-3 (3600 шт.) и ЛаГГ-3 (2960 шт.), несмотря на незавершенные летные и войсковые испытания самолетов: на вооружение они еще не были приняты. Вместе с И-26 (позднее Як-1, программа на 1941 год — 1950 шт.) эти самолеты должны были составить истребительную авиацию ВВС Красной Армии. Яковлев «лоббировал» разработки своего КБ и «придерживал» конкурентов, в первую очередь Поликарпова и вышедшего из его КБ Микояна — Гуревича.

Моторы к этим новым самолетам (очередная форсированная, а потому «сырая» микулинская модификация АМ-35 для МиГ-3 и климовский М-105 для ЛаГГ-3 и Як-1) требовались в большом количестве. Программа выпуска на 1941 г. предусматривала производство 20 000 (!) моторов М-105 (50 % всех планируемых к выпуску моторов) и 8050 моторов АМ-35. Как известно, и АМ-35, и М-105 — это развитие лицензионных моторов БМВ (первоначально имевшего советский индекс М-17, затем после первой микулинской модификации — АМ-34) и HS-12У французской фирмы «Испано-Сюиза», производившихся на заводах № 24 им. Фрунзе в Москве (КБ А. Микулина) и № 26 в Рыбинске (КБ В. Климова). Оба мотора — V-об-разные, жидкостного охлаждения. Самым мощным, но и тяжелым был АМ-35 (1400 л.с.).

Программа производства швецовской модификации мотора воздушного охлаждения (однорядная «звезда»), лицензионного «Райт-Циклон» 60-й серии М-62 (мощность 1000 л.с.) на пермском заводе для поддержания остаточного парка самолетов И-16 и оснащения новых морских дальних разведчиков МДР-6 и транспортных самолетов ПС-84 (или Ли-2, копия американского ДС-3) составляла на 1941 г. 1900 штук, т. е. менее 5 % общего производства авиамоторов. В это же время Швецовым был разработан и проект быстроходного с коротким ходом поршня, а следовательно, с меньшей лобовой площадью и аэродинамическим сопротивлением, мотора М-82 (позднее АШ-82) в классе мощности 1500 л.с… Эта двухрядная «звезда» воздушного охлаждения позволила преодолеть отставание по

мощности для этого типа моторов.

Итак, ситуация ясная: производство М-62 на заводе № 19 в Перми сокращается, а потребность в моторах для новых истребителей огромная — другие заводы не справятся. Естественное решение — передать на пермский завод часть производства мотора АМ-35. В этом случае судьба КБ Швецова печальна — оно превращается из разработчика в сопроводителя чужой разработки.

В январе 1941-го Сталин вызывает к себе руководство завода № 19.10 января 1941 г. Приемная Сталина. Восемь часов вечера. В приемной ждут вызова Маленков, Баландин, Гусаров, Кожевников (молодой инженер, военпред, ставший директором завода № 19 после репрессий 1937 г.). Маленков, являясь секретарем ЦК и правой рукой Сталина, курировал вопросы авиапрома. Баландин (бывший директор Рыбинского завода и будущий, в войну, — Уфимского) — зам. наркома авиапрома Шахурина по моторным делам Гусаров — секретарь Молотовского (Пермского) обкома. В 20.15 из кабинета выходят Вышинский и Лозовский — заместители наркома иностранных дел Молотова.

В кабинете Сталина, кроме него самого, находятся Молотов и нарком внешней торговли Микоян. Все — в хорошем настроении: только вчера Микояну удалось подписать важное торговое соглашение с торговым представителем Германии Шнурре о расширении поставок оборудования германской стороной вплоть до 1 августа 1942 г., а Молотову — решить вопрос с Шуленбургом о спорной территории («кусочек» Литвы) с помощью компенсации золотом и зафиксировать это решение в секретном протоколе. Назавтра назначен обед в честь посла Германии Шуленбурга. Сталин дает поручение опубликовать Сообщение ТАСС о завершившихся германо-советских переговорах: «Пусть все, кому надо, знают, что наши отношения с Германией строятся на долгосрочной основе».

Через десять минут приглашаются «мотористы». Анастас Микоян прощается и уходит, Молотов остается. Почти час длится совещание по авиационному вопросу. Сталина интересует только одно — сроки. «Когда завод сможет приступить к серийному выпуску АМ-35?». Аргументы против одновременного производства моторов различных типов (воздушного охлаждения М -62 и жидкостного охлаждения АМ-35) не принимаются. «Делать больше негде».

Больше Сталин никого в этот день не принимает, всего только два вопроса: соглашение с Германией и освоение нового мотора на пермском заводе. А на следующий день, 11 января, совершил первый полет самолет И-185, позднее, в 1942 г. хорошо

проявивший себя в боях под Сталинградом. Но в серию этот лучший, по признанию летчиков, самолет так и не пошел — перестройка заводов во время войны дело серьезное.

Между тем положение с приемкой МиГ-3, да и с ЛаГГ-3, на вооружение — сложное. По МиГ-3 — дефекты и конструктивные недоработки как по самолету, так и особенно по мотору. В частности — недостаточная приемистость и заглохание мотора при резкой даче газа с режима малого газа. Последствия — катастрофические: в случае если неопытный летчик «мажет» при посадке, то быстро уйти на второй круг не может и бьется. Скоростной самолет, как известно, имеет высокую посадочную скорость и требует особого мастерства пилотирования при посадке. Отсюда — проблема: как научить неопытных летчиков посадке на скоростных самолетах без аварий? Учебных спарок в частях было мало. Вообще аварийность в ВВС Красной Армии огромная: в среднем разбивается 2–3 самолета в день. Эта ситуация во многом сохранилась и в войну. Неслучайно во время войны небоевые потери самолетов составляли свыше 50 %. Кроме юго, «мигу» не хватает заявленной дальности (1000 км), Тяжеловат мотор для истребителя и пр. На ЛаГГ-3 тоже проблемы — никак не компонуется вооружение, авиационная пушка.

Совещания по вопросам авиации идут у Сталина каждый день: нарком Шахурин, главком ВВС Рычагов, Маленков и др. Обстановка накаляется. Наконец, в феврале МиГ-3 принимают на вооружение, как обычно, с перечнем замечаний. В это же время Яковлев «добивает» Поликарпова, запрещая дальнейшие летные испытания перспективного опытного истребителя И-185 (т. е. И-18 5-я модель) с более мощным, но «сырым» швецовским мотором М-71: завод № 19 будет перестраиваться на выпуск АМ-35 и никаких М-71 не будет. Но к этому времени уже пол года идут испытания нового швецовского мотора М-82, имеющего очевидные преимущества: меньший «лоб», меньшая напряженность, а следовательно, большая надежность. Поликарпову удается согласовать общую позицию по мотору со своим бывшим коллегой Гуревичем: вносится предложение об унифицированной винтомоторной группе для МиГ-3 и И-185 на основе М-82. Да и перестройка пермского завода оказывается не таким простым делом, как это представлялось Сталину — необходимо менять станочное оборудование. Дело в том, что корпуса моторов воздушного и жидкостного охлаждения требуют для механической обработки совершенно разных типов станков. И при этом программу производства М-62 никто не отменял.

9 апреля издается Постановление ЦК «Об авариях и катастрофах в ВВС Красной Армии», Рычагова снимают с работы,

вместо него назначают его заместителя Жигарева. В сталинские времена снятие с работы было самым страшным наказанием: человек терял иммунитет необходимости, нужности в системе сталинской вертикали власти.

В это же время, в апреле 1941 г. — шесть самых передовых предприятий авиационной промышленности (ЦАГИ, два московских, самолетный № 1 и моторный № 24 заводы, самолетный завод № 22 в Филях, рыбинский № 26 и пермский № 19 моторные заводы) были показаны делегации германской Люфтваффе под руководством немецкого военно-воздушного атташе Ашенбреннера с целью предупредить Гитлера об опасности нападения на СССР. Правда, как свидетельствует Ашенбреннер, Гитлер, узнав о результатах поездки, воскликнул: «Теперь стало видно, как далеко зашли эти люди. Нужно начинать немедленно». Известно, что Геринг вообще не поверил отчету о поездке, сочтя невероятным создание современной авиационной промышленности в России. Эти заводы и сегодня являются передовыми, а завод в Филях — не что иное, как знаменитый завод космической техники им. Хруничева (бывшего министра авиапрома, сменившего Шахурина после его ареста).

6 мая 1941 г. Сталин вновь вызывает к себе специалистов Наркомата авиапрома для принятия окончательного решения о работах по мотору М-82. В этот день первыми в восемь часов вечера приглашаются Маленков, Жигарев, Шахурин, Артем Микоян, Кожевников, Швецов и др. В кабинете Сталина вместе с ним находится Молотов. Речь идет о перспективах мотора М-82. Конструктор Микоян приглашен не зря: рассматривался вопрос о возможной замене «сырого» и тяжелого мотора АМ-35 на более легкий М-82. Скорее всего, именно на этом совещании причину медленного освоения в войсках самолета МиГ-3 Артем Микоян перевел на НИИ ВВС. После двухчасового совещания мотористов отпустили, решение было принято о серийном производстве М-82 для самолетов МиГ-3, ЛаГГ-3 (Ла-5 — это модификация ЛаГГ-3 с мотором М-82) и И-185 (а позже и для Ту-2) и о прекращении производства АМ-35. Еще на час остались «высшие чины» авиационного руководства страны: Маленков, Шахурин, Жигарев. Интересно, что длительные (по 4–5 часов) совещания у Сталина даже по сугубо техническим вопросам авиации проходят с участием «ближнего круга» из членов Политбюро. Сталин любил обсуждать детали после того, как он уже принял решение. В середине этого последнего часа Сталин позвал наркома только что (в феврале 1941 г.) образованного НКГБ Меркулова, заместителя Берии. Очевидно, что речь шла о том, чтобы разобраться с «саботажниками» в авиапроме и ВВС. Типичной

практикой того времени было поручение составить план мероприятий «по разоблачению и предупреждению вредительства и шпионажа». Вскоре руководство НИИ ВВС (Филин и др.), ВВС МВО (Пумпур и др.), были арестованы. Арестовали и уже снятого с работы Рычагова и его предшественника на этом посту Смушкевича, боевых летчиков, Героев Советского Союза. Все они были признаны виновными в аварийности и саботаже принятия на вооружение истребителя МиГ-3 и расстреляны.

Апрель, май и июнь 1941 г. — «авиационные» месяцы в работе Сталина. Да тут еще и беспрепятственный пролет через систему ПВО и посадка на Центральном аэродроме «Юнкерса-52». После арестов руководства ВВС Сталин 24 мая собирает совещание командующих военными округами, членов военных советов и начальников ВВС. В сочинениях некоторых историков это событие, подробности которого неизвестны, связывается с июньскими будущими событиями (якобы планирование превентивного удара). Однако более чем вероятно упомянутое совещание связано с событиями прошлыми — только что случившейся и продолжающейся «зачисткой» ВВС. Ключевыми фигурами этого совещания являются начальники ВВС Новиков (будущий маршал авиации, арестован уже после войны) — ЛВО, Ионов (летчик Первой мировой — георгиевский кавалер, арестован 25.06 и позже расстрелян) — ПрибОВО, Копец (сам застрелился 23 июня 1941 г.) ЗапОВО, Птухин (снят с должности 20.06 за аварийность, арестован 24.06, позже расстрелян) КОВО, Мичугин (27.06 снят с должности, но прошел всю войну, командуя в 1941–1942 ВВС Запфронта) ОдВО. На совещании речь шла, скорее всего, об ускорении освоения новой техники и персональной ответственности за аварийность. Если бы речь шла о «превентивном ударе», то на совещании должны были бы присутствовать начальники штабов округов. А их там не было. Война началась внезапно.

Причину поражения Красной Армии в июне 1941 года нельзя рассматривать в отрыве от состояния авиации.

Соотношение сил противников (СССР/Германия) на основном театре военных действий в западных округах (ПрибОВО, ЗапОВО, КОВО, ОдВО, где находилось ровно 50 % всей Красной Армии) от Балтики до Черного моря по количеству соединений (дивизий) на июнь 1941 г. выглядело вполне оптимистично для Красной Армии [цит. по «1941 г. кн. 2»]:

• танковые дивизии……1,75(30/17);
• авиадивизии (эскадры)……..2,5 (25/экв.10);
или по авиаполкам/группам……2,0(125/64);
• пехотные, кавалерийские дивизии……1,0(121/125).

Но оперативная внезапность в пространстве и времени, концентрация сил на решающих направлениях и высокий темп операции, обусловленный отлаженностью военной организации (в том числе предусматривающей вероятные действия противника), привели немцев к успеху в 1941. Хорошо организованное информационное и силовое взаимодействие (на оперативном и тактическом уровнях) родов войск явилось нелинейным фактором усиления (синергии) в боевых действиях Вермахта против РККА. Короче — это была инновационная военная технология, обеспечившая отрыв германской военно-технической школы от РККА на целое поколение (25 лет). Все остальное — соопределяющие факторы.

Хорошим примером нелинейного усиления (синергии) эффективности применения артиллерии является использование немцами воздушных разведчиков и корректировщиков огня, знаменитой «рамы» («Фокке-Вульф-189»). В этом случае эффективность артиллерийского огня увеличивалась в «разы». А сбить «раму» было не так просто, как кажется. Вот как описывает воздушный бой с «рамой» Герой Советского Союза Н. Ф. Краснов, бывший до войны летчиком-испытателем моторного завода № 19 в г. Перми:

«Вспоминается досадный случай из боевой практики, который многому меня научил. Патрулируя в одном районе шестеркой «Лавочкиных-5», мы заметили на высоте 400 метров «Фокке-Вульф-189». Подпустив «раму» к переднему краю, я перешел в атаку сверху под ракурсом 0/4. Когда стал ловить «раму» в прицел, то на фоне земли она терялась, да и из-за мотора ее было плохо видно. Большая скорость при пикировании не позволяла длительное время держать вражескую машину в прицеле. Я проскочил мимо «Фокке-Вульфа» в 3–5 метрах и не сбил его. Видя мой промах, ведомые стали нервно атаковать врага по очереди. Не имея опыта борьбы с самолетом такого типа, они также его не сбили. «Рама» ушла на бреющем полете, маскируясь в складках местности. Этот случай задел мое самолюбие. Я подробно проанализировал свои ошибки, изучил летно-тактические данные «Фокке-Вульфа-189» и при следующей встрече учел слабые места этой машины. На этот раз обстановка сложилась так: на немецкой стороне была облачность баллов 7–8, на нашей стороне — ясно. «Фокке-Вульф-189» ходил под кромкой облаков и корректировал артогонь. О нашем появлении ему, видимо, сообщили с земли и «фоккер» скрылся в облаках. Я понял, что немцы будут выжидать, пока мы не уйдем, и повел группу со снижением под облака с тем же курсом, с каким шла «рама». Большая скорость обеспечивала нам маневр, а тонкий

слой облаков позволял ее быстро обнаружить. Так и случилось. Подскочив под кромку облаков, «рама» оказалась надо мной. Я горкой подстроился к ней и с дистанции 30–50 метров открыл огонь. Снаряды прошли между рам, сзади мотора. Взяв побольше упреждение, дал вторую очередь, точно по гондоле. «Рама» задымилась и пошла со снижением. Для большей уверенности выпустил еще две очереди и «Фокке-Вульф» мертвым грузом пошел к земле. На моем счету 4 сбитых «Фокке-Вульф-189». Я убедился, что «раму» трудно сбить атакой сверху. Лучше всего где-то в стороне пропикировать под нее, а затем догнать, подстроиться под ракурсом 0/4 и бить снизу с дистанции не более 100 метров. Точно в хвост заходить не надо, потому что пушка «рамы» может нанести повреждения атакующему истребителю» (газета «Защитник Отечества», 10 февраля 1944 г., № 35).

Фиаско наших ВВС как системы было одной из главных причин, способствующей поражению в июне 1941 г.

Высокоточное оружие Второй мировой войны — пикирующие бомбардировщики «штукас» Ju-87 (с мотором Jumo 210D) Видна отличная летная выучка: полет в строю — на минимальном расстоянии между машинами.

Начиная от неготовности к ночным полетам: первая штурмовка советских аэродромов была проведена немцами в темное (по крайней мере, по инструкции) время суток (пересечение границы в 3.30). Подлет немецких самолетов был обнаружен, но из-за «темноты» самолеты оставались на земле. Для немцев это тоже было проблемой. Как вспоминал Кессельринг, командовавший 2-м Воздушным флотом (группа «Центр»): «В указанное время истребители и «штукасы» были не в состоянии передвигаться в четком строю. Этот момент представлял для нас серьезную трудность, но мы сумели ее преодолеть».

Вообще «штукасы» (пикирующие бомбардировщики Ю-87) оказались высокоточным, мобильным и потому самым эффективным оружием Второй мировой войны, о чем и писал Дж. Дуэ. Всего около 200 Ю-87 решали многие кризисы как в немецком наступлении, так и в обороне.

Плюс неэффективная противовоздушная оборона аэродромов как зенитными (некоторые зенитные части не различали силуэтов и сбивали своих), так и авиационными средствами уже во время боевых действий. Плюс несбалансированная аэродромная инфраструктура (постоянный недостаток высокооктанового бензина — 20 % от потребного, запчастей и моторов [12]), приведшая к ограничению концентрации авиации в боевых действиях и большому количеству оставшихся без дела самолетов на аэродромах, вскоре захваченных немцами.

В авиации, как и во флоте, при отсутствии паритета бой однозначно приводит к невосполнимому уничтожению элитного вида войск более слабого противника. Поэтому в этом случае (потери за вылет свыше 20 %) авиацию под угрозой полного уничтожения, как правило, выводят из боя. Так и вышло, в результате чего авиация не смогла ни прикрыть поле боя, ни провести эффективную штурмовку скопившихся на пограничных переправах и шоссе немецких войсковых колонн, представлявших идеальную цель. Господство же немцев в воздухе в 1941–1942 гг., в частности, приводило к тому, что передислокацию и отступление войск (пешим маршем!) приходилось осуществлять по ночам, когда «немец» спал, а утром без отдыха вступать в бой — усталость была нечеловеческая, не говоря уже о резком уменьшении подвижности войск, а следовательно, и потери темпа. Плюс непрерывные бомбежки.

Что же произошло с авиацией в июне 1941 — го? Ведь именно она должна была решить задачу остановки дивизий Вермахта. 22–23 июня и Вермахт, и РККА были критически уязвимы. Мотомехколонны Вермахта были скученны на дорогах у

переправ и представляли собой прекрасную цель для бомбежек, а соединения Красной Армии не были развернуты на подготовленных рубежах обороны. То есть Вермахту в это время не хватало пространства для развертывания на нашей территории во время прохождения дефиле, а Красной Армии — времени (нормативных десяти дней для подготовки и занятия оборонительных рубежей). И здесь решающую роль в выигрыше времени могла сыграть, но не сыграла советская авиация.

Военные Воздушные силы Красной Армии постоянно увеличивались с лета 1940 г., когда из уже имеющихся авиационных частей первоначально было сформировано первые 38 авиадивизий. По этому же плану предполагалось довести общее количество авиадивизий в Красной Армии до 50 к 1 января 1941 г. и наращивать дальше, что видно из порядковых номеров дивизий. Каждая дивизия состояла из пяти авиационных полков, а полк — из пяти эскадрилий (по 12 самолетов). То есть каждая авиадивизия насчитывала примерно 250–300 самолетов. План был выполнен: к 22 июня ВВС РККА уже насчитывали 259 авиаполков, половина из которых была дислоцирована на Западном театре военных действий (ПрибОВО, ЗапОВО, КОВО, ОдВО). Т. е. соотношение авиаполков СССР/Германия здесь было 125/64, т. е. около 2.

В первом эшелоне (13 армий) вблизи границы дислоцировались смешанные (истребительно-бомбардировочные) авиационные дивизии (САД), находящиеся в оперативном подчинении командующих армий. Это — «старые» дивизии первоначального формирования 1940 г., что видно из их порядковых номеров. Именно они и стали объектом первого удара Люфтваффе и пострадали больше всех. Так, в ПрибОВО в первом эшелоне были расположены 6-я, 7-я, 8-я САД; в ЗапОВО соответственно 9-я, 10-я, 11-я САД; в КОВО— 14-я, 15-я, 16-я САД и в ОдВО — 20-я и 21-я САД. В первой половине 1941 г. после формирования новых авиасоединений в эти особые округа были направлены новые авиадивизии. Так, в ПрибОВО была добавлена 57-я САД, в ЗапОВО соответственно — 43-я САД, 59-я и 60-я И АД (истребительные авиадивизии) и 12-я и 18-я БАД (бомбардировочные авиадивизии), в КОВО — 46-я САД, 39-я, 44-я, 46-я, 63-я ИАД и 62-я БАД. Наконец, и в ОдВО дополнительно появилось еще две авиадивизии — 45-я САД и 61 — я ИАД. Кроме «общевойсковой» авиации, отдельно была сформирована бомбардировочная авиация дальнего действия (АДД), 12 авиадивизий (22-я, 27-я, 30-я, 33-я, 35-я, 40-я, 42-я, 48-я, 50-я, 51-я, 52-я, 53-я). Однако парк АДД состоял из тихоходных четырехмоторных тяжелых ТБ-3 и двухмоторных ДБ-3, которые в

условиях немецкого превосходства в воздухе могли действовать только ночью с низкой эффективностью.

Такой «бурный» рост количества авиасоединений вызвал проблемы соответствующего развития инфраструктуры: бензозаправка, запасные части и агрегаты (в том числе имевшие низкий ресурс моторы и др.) и, наконец, высокооктановый авиабензин для новых моторов с высокой степенью сжатия, которого катастрофически не хватало. Советская промышленность производила только 20 % потребности авиабензина требуемого сорта [12]. Неслучайно с началом войны Сталин первым делом запросил у США авиационный бензин. То есть фактически полноценно (т. е. без потери мощности моторов, а следовательно, и скорости самолета) выполнять боевую задачу одновременно могло выполнять не более 20 % авиа-парка. На этот важный фактор обеспечения боеспособности почему-то мало обращается внимания. Авиация — это система, а не просто количество самолетов или авиаполков.

Все это видно из донесений тех дней.

ДОНЕСЕНИЕ ЗАМЕСТИТЕЛЯ НАЧАЛЬНИКА 3-ГО УПРАВЛЕНИЯ НКО СССР Ф. Я. ТУТУШКИНА

И.В. СТАЛИНУ О ПОТЕРЯХ ВВС СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФРОНТА В ПЕРВЫЕ ДНИ ВОЙНЫ ОТ 8 ИЮЛЯ 1941 Г.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ОБОРОНЫ ТОВАРИЩУ СТАЛИНУ

«Вследствие неготовности частей ВВС ПРИБОВО к военным действиям, нераспорядительности и бездеятельности некоторых командиров авиадивизий и полков, граничащих с преступными действиями, около 50 % самолетов было уничтожено противником при налетах на аэродромы. Вывод частей из-под удара авиации противника не был организован. Зенитные средства обороны аэродромов отсутствовали, а на тех аэродромах, где средства были, не было артснарядов. Руководство боевыми действиями авиачастей со стороны командиров 57-й, 7-й и 8-й авиадивизий, а также штаба ВВС Фронта и Округа было поставлено крайне плохо, связь с авиачастями с начала военных действий почти отсутствовала. Потери самолетов на земле только по 7-й и 8-й авиадивизиям составляют 303 самолета. Аналогичное положение по 6-й и 57-й авиадивизиям. Такие потери нашей авиации объясняются тем, что в течение нескольких часов после нападения вражеской авиации командование Округа запрещало вылетать и уничтожать противника. Части ВВС Округа вступили в бой поздно, когда значительная часть самолетов была уже уничтожена противником на земле. Перебазировка на другие аэродромы проходила неорганизованно, каждый командир

дивизии действовал самостоятельно, без указаний ВВС Округа посадку совершали кому где вздумается, в результате чего на некоторых аэродромах скапливалось по 150 машин. Так, на аэродроме Пильзино противник, обнаружив такое скопление самолетов, налетом одного бомбардировщика 25 июня с.г. уничтожил 30 самолетов. Маскировке аэродромов до сих пор не уделяется внимание. Приказ НКО по этому вопросу не выполняется, штабы ВВС Фронта и Округа никаких мер не принимают. В данное время авиачасти ВВС Северо-Западного фронта являются неспособными к активным боевым действиям, так как в своем составе имеют единицы боевых машин: 7-я авиадивизия — 21 самолет, 8-я авиадивизия — 20,57-я авиадивизия — 12. Экипажи, оставшиеся без материальной части, бездельничали и только сейчас направляются за матчастью, которая поступает крайне медленно. На складах Округа ощущается недостаток запасных частей к самолетам и авиамоторам (плоскости самолетов МиГ, винты ВИШ-22Е и ВИШ-2, свечи З МГА, патроны БС и др. детали).

Заместитель начальника 3-го Управления НКО Союза ССР

Тутушкин».

Тем не менее, несмотря на огромные потери на аэродромах в результате первого неожиданного удара, советская авиация сохраняла еще большое численное преимущество (по крайней мере 2:1). Однако далее в реальных воздушных боях выяснилось, что:

• для масштаба развернувшихся сражений (средние ежемесячные потери советской авиации с 1942) до мая 1945 г. составляли 1000 самолетов — из них небоевые потери были свыше 50 %, а в 1941 г. боевые потери составляли 1700 самолетов в месяц, а общие — 3500 в месяц) не хватает подготовленных летчиков, несмотря на опыт в Испании, Китае и на Халхин-Голе — в столкновении двух школ подготовки летчиков: советской массовой (сержантской) и профессиональной (элитно-офицерской) победила последняя, немецкая. Получился порочный замкнутый круг: массовые потери требовали массовой и быстрой подготовки, что из-за ее недостаточности опять приводило к массовым потерям;

• только что (февраль 1941 г.) поступивший на вооружение и не освоенный в войсках истребитель 1941 г. МиГ-3 (не говоря о массовом тихоходном И-16) уступает однотипному Ме-109Е по вооружению (нет пушки), радиосвязи, защите (нет бронестекла), имеет конструктивные дефекты (заклинивание фонаря кабины на скорости, что препятствовало ее покиданию — приходилось воевать с открытым фонарем даже зимой!), ресурс свечей мотора

АМ-35 составлял всего 3 (!) часа;

• немцы превосходят советскую авиацию и в тактике: массированное слаженное применение, активное взаимодействие в группе с использованием радиосвязи, разнообразие тактических приемов (атака с разгоном с большей высоты, предварительная истребительная очистка неба перед прилетом бомбардировщиков и т. п.) против советского шаблона боя звеном из трех самолетов фактически без радиосвязи (с визуальными средствами связи «для глухонемых»).

Пассивная оборонительная тактика советской авиации, обусловленная обоснованной неуверенностью в собственных силах, привела к еще одному порочному кругу в буквальном смысле: недостаток боевого опыта приводил к пассивности и использованию неэффективной оборонительной тактики — применению шаблонного приема выстраивания самолетов в «оборонительный круг» — карусель (который легко разбивался немцами при атаках сверху с преимуществом в скорости), а пассивность, в свою очередь, — к недостатку опыта. Как отмечает Швабедиссен: «Действия русских в воздухе превратились в бесконечные и бесполезные вылеты с очень большим численным перевесом, которые продолжались с раннего рассвета до поздних сумерек» (т. е. авиация выполняла «план по валу» — количеству вылетов и расходованию боеприпасов: это отражено и в боевых донесениях).

Таким образом, благодаря в первую очередь тактическому, а затем и техническому преимуществам немцы обеспечили себе превосходство в воздухе в 1941–1942 гг. Как впоследствии показал боевой опыт, овладение тактикой современного воздушного боя позволяло сбивать «мессершмитты» даже на совершенно устаревших к этому времени (1942 г.) бипланах И-153.

Основной фронтовой бомбардировщик СБ-2, или, по имени своего главного конструктора, Ар-2 — «Архангельский-2», (в отличие от немецкого пикирующего Ю-87), не был приспособлен для прицельного бомбометания по точечным целям типа мостов, танков и т. п., в результате чего эффективность применения его оказалась низкой — требовалось большое количество вылетов для поражения цели. Кроме того, он проектировался как самолет, не требующий истребительного сопровождения (за счет большей скорости, СБ — скоростной бомбардировщик). СБ-2 хорошо проявил себя в небе Китая (1937–1940 гг.), но к началу войны эта разработка 1934 г. уже не имела преимуществ в скорости по сравнению с современными истребителями. Тем не менее тактика его применения без истребительного сопровождения сохранилась.

В результате при массовом вылете на задания в первые недели войны бомбардировщики СБ несли страшные потери — в 1942 г. они уже не применялись на фронте. Этому способствовал и его серьезный конструктивный недостаток — топливные баки не были защищены специальной резиной, затягивающей пулевые пробоины. Самолеты

СБ легко загорались (подобный же недостаток имел и массовый палубный японский самолет «Зеро», но там это было как-то оправданно жесткими требованиями к весу).

Многое из этого было известно еще до войны. Так, на совещании комсостава Красной Армии в декабре 1940 г. известные авиационные военачальники отмечали:

«Очень большое значение имеет радиосвязь наземного командования с авиацией. Связь необходима, а как таковая она у нас даже по штату отсутствует. Сейчас связь должна быть обязательно, и именно радиосвязь. Это самое главное» (Хрюкин, 1940 г.).

Отсутствие связи резко снижало маневр эскадрильями при постановке целей. Как вспоминал после войны Покрышкин: «Отсутствие радиосвязи поставило нашу истребительную авиацию в очень тяжелое положение». В период с осени 1941 г. по весну 1942 г. положение со связью не улучшилось: единственный московский завод № 203, монопольно производящий самолетные и танковые радиостанции, был эвакуирован в Сарапул и только налаживал производство на новом месте.

Смушкевич (1940 г.) отмечал:

«Вся беда в том, что мы не проводим в жизнь того, что знаем, беда в том, что мы не обучаем наши ВВС как выполнять известные нам формы применения ВВС… В таких крупных округах, как ЛВО, ОдВО и др., мы имеем пять бомбометаний на год на экипаж. При таких условиях меткости быть не может… Мы не добились того положения, чтобы авиация использовала фотокинопулемет, ибо без этого нельзя обучать воздушному бою… Мы учим стрельбе по конусам на скоростях 200–250 км/час, ибо на больших скоростях отрываются конуса, таким образом, получается, что мы не создаем настоящей боевой обстановки».

Качество боевой подготовки летчиков интегрально можно сравнить по результативности (числу побед) лучших из них во время Второй мировой войны (дискуссию о достоверности данных оставим за скобками ввиду ее бесплодности):

Хартман (Германия)……352 (Восточный фронт).
Марсей (Германия)……158 (Западный фронт).
Ролльваге (Германия)……44 «летающих крепостей».

Нисизава (Япония) — морская авиация… 103.
Юутулайнен (Финляндия)……94.
Кожедуб (СССР)…….62.
Бонг (США)……41.
Джонсон (Великобритания)……38.

При этом следует иметь в виду, что основные победы Хартмана одержаны им уже в 1943 г. над советскими летчиками, не только летавшими на современных самолетах (Ла-5, «Аэрокобра» и т. п.), но и освоивших тактику современного боя. Конечно, Хартман — это исключение, причем, возможно, ему создавались специально благоприятные условия. Но, кроме Хартмана, было еще 35 немецких летчиков, сбивших свыше 150 самолетов на Восточном фронте. Правда, для объективной оценки здесь необходимо сравнивать не число побед, а эффективность. Для этого сделаем коррекцию этих данных, приведя их, так сказать, к одному знаменателю: разделим количество боевых вылетов на количество побед. Майор Гюнтер Ралль (третий результат в Люфтваффе вслед за Хартманом и Баркхорном с его 302 победами) сделал 622 боевых вылета, в которых он сбил 275 самолетов, т. е. 2,3 вылета на одну победу. Кожедуб совершил 330 боевых вылетов и сбил 62 немецких самолета, т. е. эффективность составила 5,3 вылета на одну победу. Таким образом, соотношение эффективностей советской и немецкой авиации составляет примерно 1:3 (Хазанов [50] дает оценку 1:5) не в нашу пользу. Неудивительно и то, что количество боевых вылетов немецких летчиков-истребителей существенно больше: численный состав немецких Люфтваффе был меньше советских ВВС.

И у нас не один Кожедуб был воздушным асом: около 10 человек (Речкалов, Покрышкин, Краснов, Федоров и др.) имели каждый на своем счету по 50 и более сбитых немецких самолетов. Был, конечно, уникальный случай воздушной победы, когда один советский самолет (И-16) сбил пять итальянских «макки» одним залпом своих бортовых «эрэсов» по шестерке самолетов (свидетельство Покрышкина), но погоды это не делало. Неудивительно поэтому, что в начале войны при численном превосходстве советской авиации даже в 3 раза паритета добиться не удалось. За первый день войны советская авиация потеряла 2000 самолетов (4000 за два дня [50]). Немцы в воздушных боях первого дня войны потеряли 57 самолетов полностью и 54 поврежденных [50], что сравнимо с суточными потерями в воздушной «Битве за Англию». Правда, это были их максимальные суточные потери в 1941 г.

Все это явилось следствием стратегических решений по организации ВВС, принятых задолго до войны, а не просто сиюминутной «неготовности» к войне.

В авиации, как и во флоте, при отсутствии паритета бой однозначно приводит к невосполнимому уничтожению элитного вида войск более слабого противника. Потому в этом случае (потери за вылет свыше 20 %) авиацию под угрозой полного уничтожения, как правило, выводят из боя. Так сделали японцы на Халхин-Голе после того, как проиграли борьбу за превосходство в воздухе (кстати, основным фактором, определившим превосходство советской авиации, тоже было сочетание накопленного боевого опыта в испанском небе и техническое отставание японской авиации — в частности отсутствие на самолетах бронеспинки, защищающей летчика), так сделали и ВВС Израиля в 1973 г. после успешного применения египтянами (с нашей помощью) современных средств ПВО.

Советская авиация, проиграв воздушную войну, была перебазирована (часто и в панике) в тыл и достаточно успешно использовалась в основном для воздушного прикрытия крупных железнодорожных узлов и бомбежки переправ. Для этого были сформированы такие соединения, как фронты ПВО. С этой задачей они более или менее справлялись. Поле боя авиация прикрыть не смогла — танковые соединения остались без воздушного прикрытия, т. е. беззащитными. И под Витебском в 41-м, и под Воронежем в 42-м наши танковые контрудары были во многом сорваны немецкой авиацией, а танковые соединения понесли большие потери от авиации. Также решающую роль в срыве советских наступлений под Харьковом в мае 1942 г. и под Сталинградом в сентябре 1942 г. сыграли пикировщики Рихтгофена. Средства ПВО в то время были слабыми. Немцы же вообще никогда не наступали без авиационного сопровождения, более того, передний край обороны проламывался именно пикирующими бомбардировщиками (а у нас — артиллерией даже в 1945 г.).

Господство немецкой авиации в воздухе было завоевано сразу и сохранялось по крайней мере до конца 1943 г., пока в результате опыта, добытого кровью, не удалось подготовить достаточное количество летчиков, сформировать их (т. е. сконцентрировать) в гвардейские истребительные полки и воздушные армии, разработать новую тактику воздушного боя и обновить технику. Всего было сформировано 14 воздушных армий, которые входили в состав 11 фронтовых объединений и резерва Верховного Главного командования.

Возрождение советской авиации (можно сказать, чудесное,

если не знать о героических усилиях в этом направлении) началось в середине 1942 г., и этому способствовало два фактора: сохранившаяся (в том числе эвакуированная на восток) авиационная промышленность и, парадоксально, уцелевший летный состав разбитых на аэродромах в июне 1941 г. самолетов. Известно, что подготовка летчиков — существенно более сложный процесс, чем, например, танкистов хотя бы потому, что самолет оперирует в трехмерном пространстве, находясь в непрерывном движении (танки же оперируют фактически на плоскости и могут останавливаться). Необходимо научить летчиков не только летать, что само по себе не просто, но и успешно воевать, а это уже, как сейчас принято говорить, «хайтек», «высокая технология». Можно утверждать, что без возрождения советской авиации победы бы не было. Это — один из главных стратегических факторов победы во время и после Сталинградской битвы.

Соотношение самолетов в действующих советской и немецкой армиях представлено в следующей таблице.

	Советские ВВС (в действующей армии)	Немецкие ВВС (на всех ТВД)
22 июня 1941	9500	2900 (Вост. фронт)
1 января 1942	5400	3300
1 января 1943	12300	свыше 4000
1 января 1944	13400	4667
1 января 1945	14700	5575

Тем самым к 1943 г. количественно была скомпенсирована трехкратная (по эффективности) разница в боевой подготовке летчиков советской авиации и Люфтваффе. В конце концов и знаменитый Хартман был сбит и попал в советский плен. Начиная со второй половины 1942 г. промышленность вышла на стабильное производство около 2500 (!) самолетов в месяц (при общих потерях 1000 самолетов в месяц): ресурс самолетов и двигателей был невелик — 25–50 часов (не более 50 вылетов). Основными типами самолетов возрожденной авиации являлись:

- штурмовик И/1-2 (произведено 36 000 шт.)
- истребители Як-9 и Ла-5 (произведено 16 750 и 10 000 шт.)
- пикирующий бомбардировщик Пе-2 (произведено 11 200 шт.)
- фронтовой бомбардировщик Ту-2 (произведено в 1944–1945 гг. 2500 шт.)
- истребитель Белл «Аэрокобра» (закуплено 5000 шт. — самый массовый самолет, поступавший по ленд-лизу).

В конце концов все предвоенные усилия по созданию авиационной промышленности и летной культуры (если не летного культа «Сталинских соколов») принесли результаты. Поставки союзников составляли от 10%в 1941 г. до 30 % в 1943 г. от произведенных в СССР самолетов, т. е. в критический период 1941–1942 гг. не играли решающей роли.

Советская авиация стала постепенно оказывать все большее влияние на ход боевых действий, начиная с препятствия воздушному снабжению окруженной немецкой группировки в Демянском котле (первая половина 1942 г.) массированным применением самолетов И-16 (вообще на Северо-Западном фронте в 1941–1942 гг., как отмечает Гальдер, советская авиация действовала наиболее эффективно). Настоящую катастрофу Люфтваффе потерпела от советской авиации во время Сталинградской наступательной операции, когда начали действовать крупные авиационные соединения — Воздушные армии (от 500 до 2000 самолетов). Немцы потеряли в результате совместного действия советской истребительной и бомбардировочной авиации около 500 транспортных самолетов, а всего — свыше 3000 самолетов всех типов. Но самое главное, они потеряли экипажи (1000 человек) этих транспортных самолетов, состоявшие из опытных инструкторов летных школ, что крайне негативно сказалось на подготовке новых летчиков. Немцы, планируя воздушный мост к окруженным войскам Паулюса по типу Демянского котла, не ожидали возрождения советской авиации к концу 1942 г. По существу, это был фактор внезапности. В 1943 г. в воздушных боях на Кубани технически обновленной (пушечные истребители Як-9, американская «Аэрокобра») советской истребительной авиацией был приобретен бесценный боевой опыт. Но наиболее эффективной в 1943 г. показала себя штурмовая авиация — знаменитый Ил-2, особенно с 37-мм пушкой, поражавшей даже «тигры».

Немцы очень высоко оценили советскую штурмовую авиацию (выше, чем истребительную), как в техническом смысле, так и в храбрости летного состава. При этом штурмовики несли очень большие потери — жизнь самолета длилась в среднем 10–15 боевых вылетов (25 % летчиков сбивалась в первом вылете). Следует отметить, однако, что для поражения одного танка требовалось в среднем тоже десять боевых вылетов, т. е. один штурмовик «шел» за один танк. Из воспоминаний летчиков-штурмовиков (например, дважды героя Бегельдинова, совершившего 305 боевых вылетов и даже сбившего на своем Ил-2 немецкого аса-истребителя, одержавшего свыше ста побед) видно, что главными целями штурмовки являлись тыловые колонны

войск и укрепленные пункты, а не танки. С танками вообще надо было быть осторожными — при снижении ниже 400 метров танк мог подбить штурмовик из своей пушки.

Дважды Героев Советского Союза было больше среди штурмовиков (24), чем среди истребителей (17). В Берлинской же операции штурмовики вообще сыграли решающую роль при прорыве знаменитых своей обороной Зееловских высот, когда на них завязли под губительным огнем вначале пехота, а потом и танки. Господство же немцев в воздухе в 1941–1942 гг., в частности, приводило к тому, что передислокацию и отступление войск (пешим маршем!) приходилось осуществлять по ночам, когда «немец» спал, а утром без отдыха вступать в бой — усталость была нечеловеческая, не говоря уже о резком уменьшении подвижности войск, а следовательно, и потери темпа. Плюс непрерывные бомбежки.

Писатель К. Симонов вспоминал, как во время подготовки отчаянного наступления в сентябре 1942 г. севернее Сталинграда с целью облегчить тяжелейшее положение оборонявшихся советских войск в городе (самые критические дни обороны): «В небе с утра до вечера висела немецкая авиация и бомбила все кругом. День был настолько тяжелый, что даже не лежала душа что-нибудь записывать, и я, сидя в окопе, только помечал палочками каждый немецкий самолет, заходивший на бомбежку над степью в пределах моей видимости. И палочек в блокноте к закату набралось 398.

А когда потом мы шли с НП обратно через это поле, на котором сосредоточивалась и с которого переходила в наступление пехота, вокруг было страшное зрелище бесконечных воронок и разбросанных по степи кусков человеческого тела».

По свидетельству участников войны (генерал Москаленко), потери от немецкой авиации достигали 50 % от общих потерь. Немцы очень серьезно подготовились к реализации доктрины Дуэ в ее локальном (на поле боя) варианте. Хорошей школой для них оказалась и воздушная битва за Англию. Авиация придала боевым действиям необычайную мобильность — 8-й авиакорпус штурмовой авиации Рихтгофена «мгновенно» перемещался по фронту.

В начале войны (1941 г.) авиационная промышленность была эвакуирована на восток: в Поволжье, на Урал и в Сибирь. Московский завод им. Фрунзе (№ 24) — в Самару (там он и остался под тем же именем Фрунзе), Рыбинский № 26 — в г. Черниковск вблизи Уфы (сегодня это единый город Уфа), Тушинский — в Казань, Запорожский завод № 29 — в Омск. Однако уже в 1942 г. началась реэвакуация заводов. При этом

база эвакуированных заводов осталась на местах. Таким образом, авиапромышленность фактически удвоилась за время войны. В Москве появились завод № 45 (на месте № 24), в Тушино — завод № 500. Появились и новые ОКБ: № 300 Микулина, № 165 Люльки в Москве и № 117 Климова в Ленинграде.

Ниже дана таблица основных авиамоторов периода Второй мировой войны. Лучше всего прослеживается родословная моторов по размерам диаметра цилиндра и хода поршня — диаметр цилиндра при модификации лицензионных моторов старались не трогать. Принципиальным отличием моторов жидкостного охлаждения англо-саксонской и германской школ являлась схема развала рядов цилиндров: V-образная в первом случае и перевернутая V-образная (схема () во втором случае. Перевернутая V-образная схема была выбрана немецкими конструкторами еще до Первой мировой войны исходя из лучшего обзора из кабины летчика и лучшего охлаждения наиболее горячей части цилиндров, располагающейся в этом случае внизу. Из-за разности температур более холодная вода в рубашке охлаждения тоже оказывалась внизу, увеличивая тем самым отвод тепла.

Номер поколения, год	Типичные образцы поколения	Мощность л.с.	Удельная мощность л.с./кг	Примечание
1 (1910)	«Гном-Рон»	150	0,5	Воздушное охлаждение
2 (1920)	«Либерти»	400	1,0	Жидкостное охлаждение
3 (1930)	«Райт-Циклон»	1000	1,5	Воздушное охлаждение
4 (1940)	«Кертис-Райт» R-3350	2000	2,0	Воздушное охлаждение, турбонаддув
5 (1945)	«Пратт-Уитни» Wasp Major	4000	2,0	Воздушное охлаждение, турбонаддув, 4-рядная «звезда», 28 цил.

В Японии, как и во многих странах, развитие собственного моторостроения начиналось со сборки и освоения лицензионных образцов. «Мицубиси» начала в 1918 г. с мотора воздушного охлаждения «Рено» (70 л.с.) и в 1920 г. — водяного охлаждения «Испано-Сюиза» (300 л.с., 140х150). К 1930-м гг. японская промышленность стала производить собственные модели. Из таблицы видно хорошее качество конструирования японских «звезд» воздушного охлаждения (минимальный ход поршня 150 мм и, следовательно, минимальный лоб мотора: «Хомаре» и «Сакае» — для самых лучших японских истребителей: палубного «Зеро» и армейского Ki-84). Эту схему японские конструкторы,

выйдя из авиации, предпочитали жидкостному охлаждению из-за лучших весовых характеристик, особенно для палубных самолетов. Из таблицы понятно, почему советский мотор АМ-35 оказался тяжел для истребителя МиГ-3: мотор жидкостного охлаждения с максимально возможным (как показала практика конструирования) по условиям надежности диаметром цилиндра 160 мм, да еще с ходом поршня 190 мм! Наследие устаревшего BMW-VI и реализация принципа безыскусного проектирования микулинского АМ-35 — мощность любой ценой.

Форсирование моторов повсеместно осуществлялось несколькими способами:

• увеличением оборотов за счет имеющихся запасов прочности;

• повышением давления воздуха на входе (нагнетатель — лопаточный компрессор с механическим или турбинным лопаточным приводом) — это уже были, по сути, гибридные, турбопоршневые моторы, переходный вид моторов к полностью турбореактивным;

• уменьшением потерь давления воздуха на входе (замена карбюратора непосредственным впрыском топлива в цилиндры);

• повышением коэффициента наполнения за счет лучшей очистки цилиндров от выхлопных газов (усовершенствование клапанной коробки, например увеличение количества клапанов).

Кто же выиграл войну моторов? Войну моторов технически выиграла Германия (хотя и проиграла войну в целом): за немыслимо короткий отрезок времени (около десяти лет) для разработки таких сложных технических систем, как авиамотор, немецкая конструкторская школа и авиапромышленность с помощью государства с нуля разработала серию инновационных турбореактивных двигателей, обеспечивших в потенциале непревзойденные на то время характеристики самолетов (скорость и высоту). Показателем этого является беспрепятственный пролет (оказавшийся последним в этой войне) самолета-разведчика «Арадо-234» над территорией Шотландии всего за месяц до окончания войны 10 апреля 1945 г. Вся авиационная промышленность Германии к этому времени лежала в развалинах от массовых бомбардировок союзной авиации, а топлива для моторов уже не было. Наследством Германии в разработках реактивных двигателей в полной мере воспользовались США и СССР по праву победителей. Великобритания же сумела создать собственную конструкторскую школу разработок: ее первый истребитель «Глостер Метеор» с турбореактивным двигателем «Welland» совершил первый боевой вылет 16 апреля 1945 г. Но это — уже другая история.

Историю развития поршневых авиамоторов можно систематизировать, как это сейчас принято, по поколениям. Ниже в таблице представлены типичные представители поколений авиамоторов. Очевидно, что каждое новое поколение содержало в себе технологические инновации, без которых переход на следующий уровень был бы невозможен.

Не мешает и выделить «десятку» наиболее талантливых конструкторов мирового авиамоторостроения, внесших большой вклад в развитие поршневой авиации. Эти имена легко выделить по их частой упоминаемости в настоящей главе. Ниже мы просто подытоживаем результаты их работы. Среди советских конструкторов А. Д. Швецов выбран неслучайно. Моторы его конструкции явили миру образцы долгожительства и широты сферы применения от боевых и транспортных самолетов времен Второй мировой войны до вертолетов, бомбардировщиков и пассажирских самолетов послевоенного периода.

Как видно из краткого описания прогресса в авиационном моторостроении, решающий скачок в котором произошел в конце 1920-х гг., СССР безнадежно отставал в этой области техники. Быстрота же, с которой в мире создавалось множество оригинальных и инновационных конструкций мощных авиамоторов, поражает. Не закупи советское правительство в это время лицензии на производство западных моторов, грядущую войну с Г ер-манией было бы не выиграть. Все, чем мы обладали к середине 1930-х гг., — это был мотор Микулина АМ-34, отставивший от мирового уровня по удельной мощности от мировых образцов на целое поколение. Это и неудивительно: он создавался на базе уже устаревшего к этому времени БМВ-6. Германия тоже отставала в авиамоторостроении из-за поражения в Первой мировой войне и, по сути, не явила миру превосходящие образцы техники, но у нее… все было впереди, и мы увидим ее блестящие достижения в следующей главе.

№	Имя и фамилия	Фирма, страна	Марка наиболее известного мотора фирмы
1	Марк Биркигт	«Испано-Сюиза», Франция	HS12Y
2	Рой Федден	«Бристоль», Англия	«Юпитер»
3	Роуледж	«Нэпир и сын», «Роллс-Ройс» (с 1928 г.), Англия	«Мерлин» («Кречет») и его модификации
4	Халфорд	«Нэпир и сын» (с 1928 г.), Англия	«Сейбр/Халфорд» («Сабля Халфорда»)
5	Самюэль Херон	«Райт», США	«Циклон» и его модификации
6	Фредерик Рентшлер	«Райт» (до 1925 г.), «Пратт-Уитни», США	«Уосп» («Оса») и его модификации
7	Аллисон	«Аллисон», США	«Аллисон V-1710»
8	Налленгер	«Даймлер-Бенц», Германия	DB.600 и его модификации
9	Фрэнк Колдуэлл	«Гамильтон Стандарт»	Винт изменяемого шага «Гидроматик»
10	Аркадий Швецов	ОКБ-19, СССР	АШ-82 и его модификации

АВИАЦИОННЫЕ МОТОРЫ ВТОРОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

№	Наименование и тип	Кол. цил. и охл.	год	Мощность л.с.	(D x S)[1] мм	Применение
1	«Райт» «Циклон F»	9 возд.	1930	600	156x175	Дуглас DC-1 Мартин B-10
2	«Кертис-Райт» «Циклон» G, H (R-1820, т.е. «радиальный — объем 1820 куб. дюймов» или 30 л)	9 возд.	1937	1200—1350	156x175	B-17 Flying Fortress, 4-мот. («Летающая крепость»)
	«Кертис-Райт» «Циклон» R-2600...	14 возд.	1937	1500	156x160	B-25 Норт Американ «Митчел» 4-мот.
	«Кертис-Райт» (R-3350)	18 возд.	1940	2800	156x160	Дуглас «Бостон» 2-мот. B-29 Боинг «Суперфортресс» 4-мот. (выпущено свыше 4 тыс.)
3	М-25, лиц. «Райт»	9 возд.	1934	635	156x175	И-15 (3), И-16,
	М-62, (Швецов)[3]	9 возд.	1937	1000	156x175	Ли-2 (DC-3)
	М-63	9 возд.	1939	1100	156x175	И-16[2]
	М-71 опытный	18 возд.	1940	2000	156x175	И-18 (5)
	М-82 (АШ-82, АШ-82ФН) (выпущено 24 тыс.)	14 возд.	1941	1500	156x155	Ла-5, Ла-7, (!) Ту-2, И-18(5)
	АШ-73ТК	18 возд.	1949	2000	156x170	Ту-4

4	«Пратт-Уитни» Wasp (R-1340)	9 возд.	1926	425	146x146	P-26 Боинг (1934) истр. типа И-16
	Twin Wasp (R-1830)	14 возд.	1932	825—1200	140x140	B-24 Консолидейтед «Либерейтор» 4-мот. (вып. 19 тыс.)
	Double Wasp (R-2800)	18 возд	1939	2000	146x152	P-47 Рипаблик «Тандерболт», F6F Грумман «Хеллкэт» (!)[3] F4U Чанс Воут «Корсар».
5	«Аллисон» V-1710 (1710-объем в куб. дюймах, т.е. 28,4 л) (выпущено 70 тыс.)	12 ж	1941	1250—1600	140x152	P-38 Локхид «Лайтнинг», P-39 Белл «Аэрокобра», P-40 Кёртис «Томагавк», P-63 Белл «Кингкобра»
6	«Роллс-Ройс» «Мерлин» (выпущено 165 тыс. за 1937—1945 гг.)	12 ж	1937	890—1330	137x152	«Харрикейн», «Спитфайр» (!). «Де Хэвиленд» «Москито» 2-мот., Авро «Ланкастер» 4-мот. (вып. 7,3 тыс.)

7	«Даймлер Бенц» DB.601A схема	12 ж	1937	1175	150x160	Bf.109E,-F,-G (!)
	DB.601N			1285	150x160	«Мессершмитт»
	DB.605A			1650	154x160	
8	BMW.132 (лиц. Пратт-Уитни Hornet A) (вып. 21 тыс.)	9 возд.	1929	725	(156x162)	Ju-52 «Юнкерс»
	BMW. 801D (вып. 61 тыс.)	14 возд	1938	1700	156x156	FW.190A «Фокке-Вульф»
9	«Юнкерс Моториенбау» Jumo 210D схема (Jumo 109-004 (TL)[4] (выпущено 6 тыс.)	12 ж	1933 1942	1200	124x136	Ju-87A «Юнкерс» Ме-262 2-х м. (вып. 1,4 тыс.), Арадо-234 2-мот.
10	«Испано-Сюиза» HS2Y	12 ж	1934	760	150x170	Девуатин 520C1 (!) «Моран-Солнье» 406C1

11	М-100, лиц. «Исп.-Сюиза»	12 ж	1936	760	150х170	СБ-2,
	М-103А (Климов)	12 ж	1938	1000	148х170	Як-1,
	М-105 (выпущено 62 тыс.)	12 ж	1940	1100—1250	148х170	ЛаГГ-3, Як-9, Пе-2
12	Гном-Рон «Юпитер», лиц. «Бристоль» (выпущено 12 тыс.)	9 возд.	1926	420	146х190	PZL P.11 (Польша)
	«Мистраль Мажор»	14 возд.	1933	850—1100	146х165	«Марсель Блох» 152С1
13	М-22, лиц. «Гном-Рон»	9 возд.	1928	420	146х190	И-4, И-16
	М-85, лиц. «Гном-Рон»	14 возд.	1935	850	146х165	И-18 (0)
	М-87 (Назаров)	14 возд.	1937	950	146х165	И-180
	М-88 (Туманский)	14 возд.	1939	1100	146х165	ДБ-3 (Ил-4)
	М-90 (Урмин) опыт.	18 возд.	1941	2000	146х165	

14	М-17, лиц. BMW.VI	12 ж	1929	680	160x190	ТБ-1 2-х м.
	АМ-34 (Микулин)[5]	12 ж	1933	800	160x190	ТБ-3 4-х м. ТБ-3
	АМ-35	12 ж	1938	1350	160x190	МиГ-3, ТБ-7
	АМ-38	12 ж	1941	1600	160x190	Ил-2
15	Фиат А74RC38	14 возд.		870		Марио Кастольди Макки С-200
16	«Накадзима Аэро» «Котобуки» (выпущено 7 тыс.)	9 возд.	1931	570—710	146x160	Ki-27
	«Сакае» (выпущено 21 тыс.)	14 возд.	1939	1150	130x150	A6M2 тип 0 «Зеро»
	«Хомаре» (выпущено 8,74 тыс.)	18 возд.	1942	2000	130x150	Мицубиси Ki-84 Хаят (!) («Смерч»)
17	«Мицубиси» «Касей» (выпущено 13,3 тыс.)	14 возд.	1938	1850	150x170	2-мот. ударный бомб.-торп. G4M1 Мицубиси (вып. 2435)[6]

Примечания:

1. DxS — диаметр цилиндра и ход поршня.

2. Советский И-16 (Поликарпов) — первый в мире истребитель с убирающимся вручную шасси. Летчики успешно воевали на нем с японскими Ki-27 (с неубирающимися шасси и без бронеспинки) в 1939 г на Халхин-Голе и не очень успешно — с Bf. 109 («Мессершмитт») в Испании и 1937–1939 гг. В 1941 г. — основной истребитель.

3. знаком! отмечены наиболее удачные истребители.

4. (TL — Turbinenluftstrahl, т. е ТРД-турбореактивный двигатель). Проекты реактивных двигателей имели индекс 109 — от 109–001 до 109–030.

5. Рекордный беспосадочный перелет Чкалова, Белякова и Байдуков в 1937 г. по маршруту Москва — Ванкувер был совершен на одномоторном самолете АНТ-25 (КБ А. Н. Туполева), оснащенном мотором жидкостного охлаждения АМ-34, модификацией М-17 (лицензия БМВ).

6. Самолеты именно этого типа потопили два британских линейных корабля — «Принц Уэльский» и «Рипалс» 10 декабря 1941 г. недалеко от Сингапура.

После войны история поршневых моторов еще не

закончилась: «уходящая натура» в виде американских «летающих крепостей» В-29 настоятельно требовала паритета, который можно было быстро создать только на базе поршневой техники. Не надо забывать, что важнейшим параметром бомбардировщиков является дальность полета, которую в те годы начинающие турбореактивные двигатели обеспечить не могли из-за худшей (в сравнении с поршневыми) экономичности. Хотя скорость поршневых самолетов-бомбардировщиков уступала скорости реактивных истребителей, но опыт только что закончившейся войны показывал, что при полете «летающих крепостей» в группе можно обеспечить их защиту эффективным управлением огнем сильного бортового вооружения. Реально же работающих образцов мощных турбовинтовых двигателей еще не было. Кроме того, переход к мирной жизни возродил и пассажирскую авиацию с ее требованиями надежности и экономичности, которые могли обеспечить только хорошо отработанные поршневые моторы. Только в области истребительной авиации вопрос о замене поршневых моторов на реактивные был уже бесповоротно решен самой историей.

Вехами окончания эры доминирования поршневых моторов явились самолеты-бомбардировщики Ту-4, Ту-85, пассажирский самолет Ил-14 и вертолет Ми-4. История создания этих машин, как и почти всего в авиации, была драматична. Эта авиационная драма обусловлена постоянной гонкой (в буквальном смысле) вооружений и возникающей из-за этого нехваткой времени. Особенностью создания вооружений, в том числе и авиации, является сильное влияние фактора времени: сложные технические системы надо создавать быстро, чтобы не дать преимущества противнику. Отсюда — риски стратегических ошибок при выборе направления, бесполезной траты ресурсов, но и… возможности прорыва в случае аналогичных, объективно обусловленных ошибок вероятного противника. Весь путь развития авиации позади усеян обломками тупиковых направлений: либо передовые технические идеи пытались реализовать слишком рано,

Когда техническая база не позволяла этого сделать, либо повторяли «зады» уже реализованного с экстенсивным наращиванием мощности, что заранее обеспечивало отставание.

История создания стратегического бомбардировщика Ту-4, советской «летающей крепости», подробно описана в воспоминаниях ее главного конструктора Кербера, заместителя А. Н. Туполева. Эта история, к сожалению, обросла мифами, которые тиражируются в средствах массовой информации некоторыми «историками», далекими от техники и не

понимающими закономерно-с гей ее развития. Как «объяснил» по телевизору историю разработки этого передового во всех отношениях самолета того времени один известный «историк» Юрий Жуков: «Туполев просто развинтил американский В-29, а затем свинтил свой Ту-4».

Первая часть этого высказывания соответствует действительности — несколько американских В-29 были интернированы в СССР во время войны США с Японией на Дальнем Востоке, куда они приземлились из-за незначительных поломок после выполнения боевого задания. Еще действовал договор СССР с Японией о ненападении от 13 апреля 1941 г. и в соответствии с международным правом нейтральная страна, каковой был СССР до вступления в войну с Японией 9 августа 1945 г., обязан был интернировать представителей вооруженных сил участников конфликта, оказавшихся на его территории. Воспользовавшись этим, специалисты действительно «развинтили» В-29 и раздали узлы самолета по принадлежности конструкторским бюро авиапрома для изучения. Обычная мировая практика: так поступают во всем мире, когда новейшие образцы техники противника попадают в руки. Американцы делали то же самое, например, с МиГ -25, который угнал в Японию известный офицер-перебежчик Биленко. Более того, еще до этого аэродинамическая схема самолета МиГ-25 была заимствована американцами для своего проекта самолета воздушного боя F-15 «Eagle» («Орел»).

А вот вторая часть высказывания «историка» ничего общего с действительностью не имеет: в СССР большая часть аналогов американского оборудования просто не производилась. «Свинтить» советский аналог В-29 было не из чего. «Летающая крепость» В-29 была шедевром авиационной техники того времени, вобравшей в себя все инженерные достижения США, мирового лидера авиастроения. Повторить этот шедевр означало не просто «свинтить» подобный самолет, а вывести авиационную промышленность на новый технологический уровень. Надо было понять, как это все можно сделать: ведь ни чертежей, ни материалов, ни оснастки, ни технологии, ни соответствующего оборудования просто не было. Например, следящие устройства для дистанционного управления вооружением самолета (сельсины — датчики углового перемещения) в СССР вообще не производились. Самолет был насыщен малогабаритной электротехникой. Наконец, не было технологии доводки таких сложных систем. Ведь даже если вам удастся воспроизвести оригинал, то это не значит, что он будет успешно работать — нужно решить еще системные вопросы взаимодействия отдельных

узлов. И все это надо было делать серийно, а не в одном уникальном экземпляре.

В общем, это, как говорил товарищ Сталин (хотя и по другому поводу), задача «посильнее «Фауста». Кстати, Сталин как раз на примере ознакомления с В-29 осознал масштаб отставания советского авиапрома от США. А США уже определились в качестве нового геополитического соперника СССР, быстро становились смертельным врагом. Сталин был взбешен и в 1946 г. снял с работы с последующим арестом министра авиационной промышленности Шахурина и Главкома ВВС маршала авиации Новикова. Бывший сталинский фаворит Маленков, курировавший авиапром, в результате утратил политический вес в партийной иерархии и едва не поплатился жизнью.

Вот как сам Сталин комментировал это решение спустя пять лет, 30 апреля 1951 г., на совещании с руководителями оборонной промышленности:

«Еще во время войны Правительством было поручено бывшему Наркому авиационной промышленности Шахурину и Главкому ВВС Новикову скорее взяться за освоение реактивных самолетов. При этом Правительству было известно, что американцы и немцы такие уже имеют. Правительство уже тогда считало, что реактивным самолетам принадлежит будущее. Прошло полгода, год, а указанные люди ничего в этом отношении не сделали. Правительство не могло проверять часто ход разработки и освоения реактивных самолетов, а в Министерстве авиационной промышленности не принимали никаких мер.

При проверке оказалось, что Шахурин и Новиков сговорились: первый на том, что будет выполнять программу по серийным поршневым самолетам и за это работники авиационной промышленности будут получать премии, второй — на том, что не придется переучивать людей на реактивных самолетах и они будут получать ордена и медали. Эти люди — Шахурин и Новиков — ведомственные интересы поставили выше государственных, загубили дело и после них пришлось много поработать, чтобы наладить производство реактивных самолетов» (*Симонов, с. 238, 239*).

Очевидно, что сознательно или бессознательно, но Сталин исказил истину: в США в 1945 г. реактивных самолетов еще не было, при постоянном внимании, которое Сталин оказывал авиации, он никак не мог полгода-год не знать, что делается в авиапроме. Скорее всего, это была аберрация памяти: ситуацию 1951 г. Сталин перенес в 1945 г., когда «неожиданно» оказалось, что мы не можем сделать бомбардировщик типа «летающей

крепости». Ключевым фактором недовольства Сталина было отставание технического уровня советской авиации от американской, и реактивные самолеты были здесь ни при чем. Сняли с работы маршала Новикова, в частности, и за обычный «бардак», который в авиации никогда не исчезал. С давних пор известна наша отечественная поговорка: «Там, где начинается авиация, там кончается порядок».

Но началось все со Служебной записки маршала Новикова «Министру обороны СССР, Генералиссимусу Советского Союза т. Сталину И. В. По вопросам послевоенного развития авиации Советского Союза» от 16 января 1946 г., в которой Новиков без прикрас описывает плачевное состояние технического уровня советской авиации по всем показателям [42]. Читая эту Записку, можно действительно прийти в отчаяние или… в ярость. Совсем как в «Мастере и Маргарите»: «У вас чего ни хватишься, ничего нет». Достаточно сказать только, что на бомбардировщиках не было автопилотов, радиолокационной аппаратуры, антиобледенителей, реверсивных винтов и т. д., и т. п.

Неудивительно, что тут же последовала высочайшая кара. Логика была простая: «А сам ты куда смотрел?» Подобная ситуация уже возникала в апреле 1941 г., когда довоенный предшественник Новикова начальник ВВС Рычагов в ответ на упреки в высокой аварийности заявил Сталину, что летчики летают на «гробах». Реакция Сталина была однозначной: Рычагова сняли с работы, арестовали и расстреляли. Как Новиков мог «забыть» этот случай?

Опуская все, не относящееся к моторам, посмотрим, как оценивал Главком ВВС состояние моторостроения.

«Широкое внедрение автоматизации управления на самолете, особенно в период войны, вызывалось необходимостью наиболее выгодно использовать летные возможности самолета и, главное, максимально разгрузить летчика в его боевой работе. Без наличия автоматов управления летчик сам должен был изменять положение створок масло- и водорадиаторов, юбки капота, обороты пинта, переключать скорости нагнетателя, регулировать состав смеси, изменять наддув и т. д. Все это невероятно загружало летчика и отвлекало его внимание от непосредственной боевой работы. Винтомоторная группа современного боевого самолета оборудована рядом автоматов. Американские боевые самолеты, находящиеся в строю, имеют до 8, а английские до 7 автоматов управления. Наши же отечественные самолеты выпуска 1945 г. имеют только по 4 автомата: так, например, самолет Як-9у с мотором ВК-107 имеет автомат числа оборотов винта, автомат наддува, автомат

опережения зажигания, автомат створок радиатора». Не было в СССР и производства высокооктанового бензина и термостабильных масел, в результате чего «опытные моторы ALU-84 и АШ-73 доводятся на импортном авиабензине».

Далее: «У нас в Советском Союзе газотурбинными воздушно-реактивными двигателями занимаются фактически лишь две группы инженеров: группа Люльки /НИИ-1 НКАП / и группа проф. Уварова /ЦИАМ/. Первый опытный образец двигателя инженера Люлько (*так в документе. — А. В.*) с тягой 1250 кг был изготовлен в апреле 1945 г. и в настоящее время находится в стадии доводки. Двигатель проф. Уварова с тягой 300 кг также до сих пор находится в стадии доводки. Освоением трофейных газотурбинных воздушно-реактивных двигателей типа ЮМО-004 с тягой 900–950 кг и БМВ-003 с тягой 800–850 кг занимаются заводы № 26 и № 16, но они до настоящего времени не выпустили ни одного двигателя из отечественных деталей. Таким образом, на вооружении авиации мы не имеем ни одного воздушно-реактивного двигателя» [42].

Очевидно, что к концу войны инновационный потенциал советской авиапромышленности оказался исчерпан. Ситуация, казалось, повторяла состояние конца 1920-х гг. Необходим был новый «большой скачок» в технологиях. Тогда технологии были закуплены за рубежом — помогла Великая депрессия. В этот раз источником технологий могли стать и стали немецкие трофеи. Однако была и существенная разница между 1930 г. и 1945 г.: начинающуюся новую инновационную волну в развитии авиации Советский Союз встречал с уже состоявшимся инженерным корпусом — 1930-е гг. даром не прошли.

В объемистом Акте о приеме и сдаче дел ВВС и выводах комиссии по ведомству маршала Новикова (ВВС), утвержденных Сталиным, написано, в частности, следующее:

«За 1945 г. было 13 979 наземных происшествий, в результате которых войска потеряли 8397 человек. Кроме указанных выше чрезвычайных наземных происшествий за тот же срок имели место 624 катастрофы и 1735 аварий самолетов. Установлено, что одна треть всех летных происшествий падает на командный состав и главным образом на командиров звеньев, эскадрилий и полков… Бывшее командование ВВС бюрократически игнорировало и проходило мимо этого важного вопроса, не принимая никаких мер к повышению квалификации летного состава… Исчезновение важных государственных документов было нередким явлением в аппарате ВВС. В декабре 1944 г. в Штабе ВВС был утерян чемодан, содержавший 144 совершенно секретных и секретных документов… Извращения в

планировании, стремление зарезервировать за ВВС максимальное количество материалов, вооружения, снаряжения привели к затовариванию службы тыла излишним имуществом. Так, авиабомб осталось после войны 330 000 тонн. Около 250 млн импортных патронов сдается в переплавку… Управление аэродромного строительства (УАС) стало центром всяких антигосударственных махинаций. Дача Новикова была оформлена как «особое строительство УАС ВВС». Научно-испытательная станция в Балашихе была превращена в базу снабжения строительства дач, а ее научно-исследовательская работа развалена… Для руководящих работников ВВС из трофейных складов 16-й Воздушной армии вывезено было по железной дороге, самолетами, автотранспортом около 200 вагонов мебели, ковров, хрусталя и другого имущества. Документация на отправление имущества уничтожена. Незаконно вывозилось трофейное имущество и из других соединений ВВС… Учет боевого состава ВВС ведется неправильно и дает заведомо ошибочное представление о боевом составе воздушных сил. Так, например, в боевом составе числится около 700 самолетов Як-3 завода № 31, на которых запрещены полеты из-за непрочности обшивки, и 2267 самолетов Як-9у с мотором ВК-107, отстраненных от боевой работы по причине конструктивных недостатков… Основным недостатком в боевой подготовке частей ВВС является малый налет на экипаж — в пределах от 1 ч 30 мин до 6 часов за месяц, в том числе на учебных самолетах 40–50 %» и т. д., и т. п. [4].

Прошло три года, но ситуация в ВВС при маршале авиации Вершинине, преемнике маршала Новикова, мало меняется. 16 сентября 1949 г. появляется Постановление Совета Министров СССР о снятии с работы уже Вершинина практически по тем же обвинениям: повышенная аварийность (за девять месяцев 140 катастроф и 186 аварий — погибло 303 человека и разбито 289 самолетов — по нынешним временам тогдашнее количество авиакатастроф заполняло бы все телевизионные новостные сводки с утра до вечера), плохая работа службы тыла. Вместо Вершинина Главнокомандующим ВВС назначается маршал Жигарев, уже бывавший в этой должности в 1941 г., до войны. Он прокомандует авиацией до скандального пролета американского разведывательного самолета U-2 (У-2) сначала над Ленинградом (4 июля 1956 г.), а на следующий день над Москвой. У советского руководства появилась очередная «головная боль» — неуязвимость летающего на высоте 20 км американского самолета-разведчика. Вместо Жигарева Главкомом ВВС вновь назначается Вершинин.

Но вернемся к Ту-4. В части мотора для Ту-4 ситуация несколько облегчалась (за исключением системы турбонаддува): американский мотор R-3350 разработки «Кертис-Райт» был «родной» для ОКБ-19 Швецова. Еще до войны в Перми пробовали на базе райтовского однорядного «Циклона» создать мотор М-70, двухрядную 18-цилиндровую «звезду». Тогда не получилось. И вот теперь потребовался такой мотор. Новым для ОКБ-19 Аркадия Швецова оказалось точное литье лопаток турбины, приводящей компрессор наддува. Опыта точного бесприпускового литья лопаток из жаропрочных сплавов не было никакого, да и самих сплавов таких не было. Именно на таких задачах и проверяется, кто чего стоит. Делу помогло то, что подобная задача уже стояла перед всей советской промышленностью: необходимо было осваивать литье лопаток турбин для уже возникшей области газотурбинных реактивных двигателей.

О том, как «разгадывали» состав и технологию изготовления английского жаропрочного сплава «Нимоник» (разработан компанией Henry Wiggin &Co Ltd в 1940 г. для первого английского турбореактивного двигателя Уиттла), со слов замдиректора завода № 300 Я. Б. Энтиса рассказано в книге Л.Берне:

«В конце сороковых годов, в ту пору, когда мы только начинали заниматься турбореактивной техникой, Микулин вызвал главного металлурга завода и меня и положил на стол небольшой металлический брусочек сечением примерно 10х10 мм и длиной около 60 мм. При этом сказал, что Климов, которому Сталин поручил спроектировать двигатель на базе английского двигателя «Нин», привез из Англии два таких образца. Один из них перед нами. Англичане делали турбинные лопатки из такого сплава. Советуем Александру Александровичу тут же по «кремлевке» созвониться с «графом». На бытовавшем тогда жаргоне так за глаза называли первого замминистра черной металлургии А. Г. Шереметьева, непосредственно ведавшего заводами Главспецстали.

Нам назначается встреча в ту же ночь — в час пополуночи. Приезжаем на площадь Ногина в Минчермет. Александр Александрович сообщает Шереметьеву о задании Сталина и говорит, что без нового жаропрочного сплава создать новые ТРД невозможно.

Утром нас приглашают на «Электросталь» в 20 км от Ногинска. Здесь в кабинете директора завода сразу же разрабатывается подробнейший план создания нового сплава. Только специалисты-металлурги могут себе представить, насколько это архисложная задача — по маленькому (весом 200

граммов) брусочку, определив его химический состав, создать новый технологический процесс, в том числе «разгадать», вернее, с помощью многочисленных экспериментов определить программу сложной термической обработки. На вопрос Микулина о сроках создания первой партии сплава главный инженер, крупный специалист по освоению спецсплавов М. И. Зуев называет очень короткий срок — три месяца. Но Микулин добился сокращения срока до одного месяца. Тут же был составлен почасовой круглосуточный график, ряд процессов перевели на параллельный режим, подключили все экспериментальные и серийные службы завода. Я остался на «Электростали» на месяц и раз в сутки докладывал Микулину о состоянии дел. Ровно через 30 суток первая в стране 600-килограммовая партия специального жаропрочного сплава, названного «Нимоник-8014», была доставлена на наш завод.

За это время на моторном заводе в таком же темпе проектировались и изготавливались штампы и другая необходимая оснастка, монтировалось новое оборудование, на обычной стали отрабатывался технологический процесс. Поэтому прибывший на завод «Нимоник-8014» сразу же был запущен в производство. В обычных условиях на создание таких сплавов уходили годы». (*Берне Л. П., с. 231, 232*).

Здесь надо отметить и выдающуюся роль Всесоюзного Института авиационных материалов (ВИАМ) и особенно зам. начальника института профессора С. Т. Кишкина. Англичане придерживались технологии изготовления жаропрочных лопаток турбины методом деформирования (штамповки). Даже когда появилась необходимость делать охлаждаемые лопатки с полостями внутри, то технология не претерпела существенных изменений, оставляя в качестве формообразующего процесса деформирование. В случае изготовления охлаждаемых лопаток исходная цилиндрическая заготовка имела каналы, превращавшиеся во время деформирования в каналы для прохода охлаждающего воздуха эллиптической формы, вытянутых вдоль профиля. Такая технология применялась на «Роллс-Ройсе» вплоть до 1970-х гг. С. Т. Кишкин впервые в мире предложил и разработал литейную технологию изготовления лопаток из разработанного в ВИАМ сплава ЖС-6 (ЖС — жаропрочный сплав) на никелевой основе. Литейные сплавы обладали большей жаропрочностью, и сплав ЖС-6 на долгие годы стал знаменитым в авиапроме. Из литейной технологии логично вышла и технология направленной кристаллизации, и монокристаллическое выращивание лопатки.

Профессор Сергей Тимофеевич Кишкин, выпускник МВТУ

1931 г., был незаурядной личностью, блестяще читал лекции по материаловедению в Московском авиационном институте в 1950-е гг., рассказывая с юмором о «краже» образцов металлической стружки в механическом цехе на заводе «Роллс-Ройс», где он был в составе советской делегации, для исследования структуры материала. Вообще инженерная подготовка в СССР в 1950-е гг. была поставлена на поток и при этом сохраняла очень хороший уровень. Три ведущих авиационных вуза — Московский (МАИ), Казанский (КАИ) и Харьковский (ХАИ) — готовили кадры для авиапрома. Набор студентов на моторном (№ 2) факультете в МАИ составлял 250 человек (10 групп). Лекции читали профессора с еще дореволюционным, фундаментальным образованием. На третьем курсе проходила специализация по авиационным, ракетным и… ядерным двигателям. В наиболее престижную группу ядерных двигателей отбирали, как правило, студентов-отличников. Именно отсюда вышел в свое время министр атомной промышленности 2000-х гг. Е. Адамов, арестованный было в Швейцарии — США добивались его выдачи.

Самолет Ту-4 делался в Казани, делался быстро, доводка его проводилась на ходу — в серию он был передан «сырым»: Сталин поставил нереальные сроки создания самолета и нужно было выполнять задание. В конце 1940-х гг. Казань была, наверное, самым «голодным» городом. Страна, только что пережившая войну и разруху, и так жила небогато, но Казань отличалась тогда особой скудостью продовольственного снабжения. Инженеры пермского ОКБ-19, выезжавшие в длительные командировки на заводские летные испытания Ту-4, везли провиант с собой: сахарный песок и пр.

Нашумевшая история с копированием американского B-29 совершенно затмила в общественном сознании историю разработки первого советского стратегического бомбардировщика, предназначенного специально для несения ядерного оружия. В начале 1949 г., когда уже было ясно, что в СССР близится завершение работ по созданию ядерного оружия, остро встал вопрос о носителе этого оружия. До создания баллистических ракет было еще далеко, а только что завершивший госиспытания самолет Ту-4 имел недостаточную дальность (6000 км). Важнейшей задачей советской авиационной промышленности стало создание подлинно стратегического бомбардировщика с дальностью 12 000 км. Для обеспечения такой дальности (а это примерно равно расстоянию Москва — Лос-Анджелес) требуется большой запас топлива, отсюда растет взлетная масса самолета и соответственно требуются мощные и экономичные моторы, существенно более мощные, чем

существовали в то время. Самолет, позднее получивший обозначение Ту-85, проектировало КБ Туполева. Надо сказать, спроектировало его быстро, использовав опыт создания Ту-4.

Для этого уникального самолета требовался и уникальный мотор мощностью 4000 л.с. Таких моторов с большим ресурсом не было не только в СССР, но практически и в мире. Только в США была разработана 4-рядная 28-цилиндровая звезда воздушного охлаждения «Пратт-Уитни» Wasp Major («Оса-старшая») R-4360 мощностью 4300 л.с. со «спиральным» (смещенным в окружном направлении относительно друг друга в каждой звезде) расположением цилиндров. Эта «Оса» была «старшей» («Мажор») в ряду «Ос», начиная от первой в мире двухрядной «Осы» Twin Wasp Junior («Оса сдвоенная младшая» — «Юниор») R-1535 мощностью 625 л.с., разработки 1932 г.

Самым же мощным (5000 л.с.) был опытный 36-цилиндровый («звезда» из 9 рядов по 4 цилиндра в ряд) мотор жидкостного охлаждения XR-7755, разработанный американской фирмой «Лайкоминг». Размеры диаметра цилиндров и хода поршней на этом моторе были предельными для авиационных моторов— 162/171 мм. Весил этот монстр 2744 кг. Нам же копировать супермощные моторы было неоткуда. А газотурбинная техника только-только еще начиналась.

Как мы помним, в поршневых моторах по условиям надежного охлаждения эмпирически был найден предельный диаметр цилиндра, равный 160 мм. Соотношение диаметра и хода поршня тоже уже установилось в области около 1. Таким образом, увеличение мощности могло быть получено только увеличением количества цилиндров. Кто мог сделать такой мотор? Конструкторским заделом обладали ОКБ-19 А. Д. Швецова и многострадальное ОКБ-250 В. А. Добрынина. И здесь надо сделать отступление для того, чтобы кратко описать его путь в историю.

Покинув ОКБ Микулина и перейдя в КБ-2 МАИ, с 1939-го по июнь 1941 г. Добрынин с коллегами разрабатывал 24-цилиндровый мотор жидкостного охлаждения М-250, справедливо полагая, что такой мощный (2500 л.с.) мотор потребуется в ближайшем будущем. Этот мотор имел шесть рядов цилиндров по четыре в каждом ряду, угловое расстояние между рядами («развал») было равно 60°. В качестве производственной базы для изготовления мотора была определена площадка моторного завода № 16 в г. Воронеже. По сути, КБ переехало в Воронеж. Ирония судьбы, но первый запуск этого мотора состоялся… 22 июня 1941 г. Вскоре пришлось эвакуироваться, но… завод № 16 поехал в Казань, а КБ Добрынина — в Уфу, куда

на территорию завода комбайновых моторов был эвакуирован рыбинский завод № 26 вместе с ОКБ В. Я. Климова. Нечего и говорить, что всем стало не до М-250. Надо было заниматься выпуском советской «Испано-Сюизы», т. е. климовских М-103 и позже М-105. В1943 г. КБ Добрынина переводят в Рыбинск, где на месте бывшего передового моторного завода № 26 в частично уцелевших после немецких бомбежек цехах функционирует ремонтный (те же моторы М-103) завод моторов, которому присвоен номер 36 (позже и ОКБ Добрынина по сложившейся традиции будет именоваться одинаковым номером с заводом, а именно ОКБ-36). Объем ремонта большой, моторы непрерывно поступают с фронта.

Здесь Добрынин продолжает работу над созданием своего мотора. Но с 1944 г. на этой площадке разворачивается серийное производство швецовского мотора АШ-62ИР (в просторечии «Ирочки») с редуктором, что отражено в индексе мотора. Этот мотор требовался в больших количествах, так как он ставился на «советский дуглас» Ли-2, долгое время (с учетом быстрого темпа развития техники) являвшийся основным транспортным самолетом. Уже после прекращения его регулярной эксплуатации он еще долго продолжал летать в Арктике, демонстрируя свою хорошую надежность. Позже (с 1947 г.) этот мотор перешел на другого долгожителя — знаменитый биплан Ан-2. Война закончилась, для расширения выпуска моторов требовалось оборудование (основная его часть осталась в Уфе), которое завезли частично из Перми (тамошний завод № 19 уже готовился к переходу на производство реактивных газотурбинных двигателей), частично из Германии по соглашению о репарациях. Завод № 36 стал производить серийно следующий, родственный АШ-62ИР, швецовский мотор АШ-73ТК для уже известного нам Ту-4. Пермь и Рыбинск, судьба сводила их не один раз то в качестве партнеров, то в качестве конкурентов.

Коллектив Добрынина упорно работает над своим мотором, но в 1946 г. получает задание на еще более мощный (3500 л.с.) мотор на основе предыдущего М-250. Надо сказать, что специальное приборное оборудование, жизненно необходимое для исследования и доводки моторов, в СССР тогда практически отсутствовало. Например, не было осциллографов. Когда в 1945 г. советские инженеры ознакомились с лабораторным оснащением испытательных стендов в Германии, то они были поражены, насколько далеко ушли немцы в исследовании тонких эффектов. У нас же доводка шла на основе интуиции инженеров и подчас рискованных экспериментов. Так, для исследования колебаний лопастей винта один из ведущих специалистов ОКБ-36, начальник

отдела прочности Е. М. Бермант спроектировал металлическую клетку, в которой лично с помощью стробоскопа наблюдал за формами колебаний лопастей винта во время работы на стенде. Эта клетка с исследователем находилась в одном метре от плоскости вращения винта [15] на работающем моторе.

В 1948 г. этот новый мотор проходит госиспытания, но как раз в это время выявляется острая потребность в 4-тысячнике для Ту-85 — и… снова в путь. К моменту начала летных испытаний (1951 г) Ту-85 были готовы два мотора: 28-цилиндровая 4-рядная «звезда» воздушного охлаждения ALU-2ТК Швецова и 24-цилиндровый (6 продольных рядов по 4 цилиндра) мотор ВД-4К Добрынина. Соотношение диаметра цилиндров и хода поршня (D/S) на моторе ВД-4К было 148–144 мм. Если посмотреть «родословную» этого мотора по соотношению D/S, то мы увидим, что ближе всего к нему находится мотор М-105: диаметры цилиндров совпадают, но ход поршня меньше. Но на этом сходство заканчивается. Зарубежных работающих аналогов этого мотора (шестирядных «звезд» жидкостного охлаждения) не было. Неслучайно этот мотор (ВД-4К) имел и хорошие массовые характеристики: отношение мощности к массе мотора составляло 2, т. е. по этому показателю он был на мировом уровне. Мотор Швецова оказался тяжелее.

Мотор ВД-4К, первый из серии «ВД», т. е. имевшей — персональные» индексы по инициалам главного конструктора В. Добрынина, получился очень хорошим. Индекс «К» в названии мотора означает «комбинированный». К этому времени мощные поршневые моторы постепенно превращались в комбинированные (или по-американски — «компаундные»), т. е. турбопоршневые, или скорее поршне-турбинные: на выхлопе из поршневой группы ставились так называемые импульсные (периодического действия) турбины, работавшие на выхлопных газах и добавляющие мощность на валу мотора. Отдельным агрегатом располагался и турбокомпрессор наддува, турбина которого тоже приводилась выхлопными газами. В результате мотор ВД-4К оказался и очень экономичным. 1 мая 1951 г. первый (и последний) Ту-85, оснащенный четырьмя моторами ВД-4К, принял участие в воздушном параде, пролетев над Красной площадью.

ОКБ-19 А. Д. Швецова предприняло последние усилия в продлении жизни мощных поршневых моторов, построив «в железе» 36-цилиндровую четырехрядную «звезду» воздушного охлаждения АШ-3ТК мощностью 6000 л с. с турбокомпрессором наддува. Этот мотор оказался самым мощным поршневым мотором в мире, но… время его уже ушло, и доводка его не

состоялась.

Переход к мирному послевоенному времени и начавшаяся вскоре в июне 1950 г. война в Корее дали жизнь новым модификациям уже ставшего знаменитым мотора АШ-82. Для замены устаревшего Ли-2 Ильюшин построил военно-транспортный Ил-12, а затем на его базе — пассажирский вариант Ил-14. Этот самолет уже проектировался с требованиями обеспечения комфорта пассажиров: палуба была горизонтальной (Ил-14 имел в качестве третьей точки опоры модное носовое колесо в отличие от небольшого хвостового на Ли-2, в результате чего палуба последнего при посадке пассажиров была наклонной — очень неудобно), должны были быть уменьшены вибрация и тряска мотора. Как вспоминал П. А. Соловьев: «Была еще одна серьезная разработка — двигатель для первого пассажирского гражданского самолета Ил-14. Раньше был самолет военно-транспортный Ил-12. Он был, конечно, грубо сделан, его трясло невероятно. И мы сделали специальный двигатель для самолета Ил-14 на базе АШ-82. Машина работала ровно, без высокой перегрузки по высокочастотной вибрации, она была заметно лучше. Сразу—500 часов ресурс у этого двигателя был» (*Соловьев, с. 23*).

Как это «просто» — взяли и уменьшили вибрации. На самом деле инженерное решение было отнюдь не тривиальным — впервые в истории отечественной авиации было введено динамическое уравновешивание на валу мотора не только сил инерции первого порядка, но и сил инерции второго порядка, осуществляемое с помощью противовесов, приводимых во вращение с удвоенной угловой скоростью [10].

И тогда, и сегодня в причинах катастроф самолетов спешат в первую очередь обвинить неисправность мотора, т. е. «перевести стрелку» на главную энергетическую систему самолета. Как правило, потом оказывается, что мотор не виноват. И это понятно: прежде чем мотор попадает на самолет, он проходит множество испытаний, подтверждающих его надежность и, самое главное, безопасность эксплуатации. При сертификации двигателя экспериментально подтверждается практическая невероятность возникновения так называемых нелокализованных отказов и пожаров двигателя. То есть и возможный отказ двигателя, и возможный пожар не должны распространяться за пределы самого двигателя. Для этого делаются непробиваемые корпуса двигателя, монтируются системы пожаротушения, производится непрерывный мониторинг и анализ основных параметров двигателя. Но самолет — сложная система, к тому же очень сильно зависящая от качества обслуживания. В первую

очередь причины нужно искать там. Ну и, конечно, человеческий фактор. Примеров тому — масса: закупка некачественного, с примесями, топлива в топливозаправочном комплексе (отказы двигателей на Ту-134 в Норильске и Ту-204 в Перми), оставление образовавшегося во время стоянки льда на крыльях и фюзеляже, попавшего затем при взлете самолета в двигатель (известная катастрофа Ту-134 в Минске), выключение летчиком по ошибке исправного двигателя вместо соседнего отказавшего (катастрофа Ил-62М под Ленинградом), приведшее к усложнению условий эксплуатации (УУЭ) и последующей катастрофе, невыполнение инструкции по эксплуатации бортинженером (он «не заметил» превышения оборотов воздушного стартера при взлете Ту-154М) и т. п.

Вот типичный случай.

«Самолет Ил-14 утонул. Шел из Москвы в Саратов или Горький, одним словом, Волгу должен был перелететь и там уже километрах в 10 от берега сесть на аэродром. И вот он зашел уже на посадку, низко летел, и на середине Волги, как говорится оба двигателя обрубило, и они оба остановились. Самолет сел на воду, должен 15 минут плавать по техническим условиям. Пришел катер спасательный, всех пассажиров сняли… Сначала все свалили на двигатели. Генеральный конструктор тут же вызывается, чтобы начальство прикрыть. Но ведь известно, что два двигателя одновременно не останавливаются, если нет какой-то общей причины. И мне было ясно, что это двигателей не касается. Вытащили самолет на берег, на песчаный пляж. Мотористы слили воду, промыли. Заправили немножко двигатели. И начали запускать.

Первый запустили — крутится, как часы, без всяких сбоев. Второй — тоже. Я говорю: вот пожалуйста, смотрите. И тогда уж начали искать по-настоящему причину. И один механик обнаружил, что в передней носовой части фюзеляжа вмятина, внутри вмятины — прилипшее перо от птицы. И когда заглянули под обшивку — там идут совершенно неизолированные, голые провода на зажигание двигателя. Гусь столкнулся с самолетом, сделал эту вмятину, замкнул на корпус провода — двигатели остановились» (*Соловьев, с. 30*).

Соединенные Штаты Америки в области авиации и ее применения шли впереди всего мира. Советскому Союзу постоянно приходилось адаптироваться к инновациям из-за океана. «Летающие крепости», вертолеты, высотные самолеты-разведчики, самолеты радиоэлектронного противодействия (знаменитые АВАКСы — «AWACS»), системы дозаправки в воздухе, самолеты-«невидимки» («стелсл-технологии» —

«stealth»), наконец, ударные самолеты-беспилотники впервые появились именно в США. И первое боевое применение этих инноваций, как правило. демонстрировало постоянное запаздывание с реакцией в СССР. Первый раунд в авиационной войне инноваций СССР всегда проигрывал. Но… быстро догонял — советская инженерная школа сложилась хорошая. И дело здесь не столько в технологиях, хотя и в них тоже, а в горизонте стратегического планирования. В США стратеги после Второй мировой войны стали «видеть» дальше. Качество управляющей элиты там было и остается выше. Достаточно отметить создание уже в новейшее время в США агентства DARPA, постоянно занимающегося анализом и «проектированием» инноваций в оборонной сфере.

Так случилось и с «неожиданным» боевым применением американцами десантно-штурмовых вертолетов в корейской войне, где они произвели фурор. Увлечение скоростями в авиации в СССР сыграло злую шутку: ниша авиационной поддержки сухопутных войск в области малых скоростей оказалась незаполненной в ВВС СССР. Сейчас-то уже не мыслятся боевые действия без вертолетной поддержки, более того, вертолеты являются одним из основных противотанковых средств, не говоря о задачах десантирования штурмовых групп и спасения экипажей и раненых. А в 1950 г. в СССР серийных вертолетов практически не было вообще, за исключением легких Ми-1 с мотором воздушного охлаждения АИ-26В мощностью 575 л.с. и Ка-15 с мотором АИ-14В мощностью 225 л.с. Хотя вертолетная теоретическая и конструкторская школа существовала на базе ЦАГИ. Еще до войны строили опытные образцы «геликоптеров», как их тогда называли. Б. Н. Юрьев, И. П. Братухин — имена, некогда очень известные. Знаменитый американский кинорежиссер Фрэнк Коппола увековечил выдающуюся роль боевых вертолетов с помощью незабываемого художественного образа вертолетной атаки во Вьетнаме под музыку Вагнера «Полет валькирий» в фильме «Апокалипсис — сегодня» («Apocalipsys now»).

Реакция советского руководства на применение американцами вертолетов в Корее была мгновенной. Конструкторским бюро Яковлева и Миля было поручено спроектировать и сделать вертолеты. Яковлеву — по типу «летающего вагона» английского вертолета «Бристоль» с продольной схемой расположения винтов, а Милю — с одним несущим винтом. Сразу же возник вопрос и о двигателе для этих вертолетов.

«Сталин еще был жив, в это время (октябрь 1951 г. — А.В.)

был где-то на Кавказе в своей резиденции, а совещание в связи с этим делом проводили Берия и Булганин. Берия проводил совещание в сталинском кабинете, а там же, в сторонке за знаменитым сталинским столом, над которым всегда висела фотография Ленина с газетой «Правда», молча сидел остававшийся за Сталина Булганин… На совещании было 15 вопросов. И оттуда вылетали через пять минут с готовыми решениями. Все разговаривали шепотом: генералы, маршалы. Такие жуткие, просто невероятные сроки дали нам на двигатель, чтобы он пошел в серийное производство — всего год отпустили. За год двигатель надо сделать, провести испытания, убедиться, что он надежно работает. Вертолет, конечно, планирует, у него есть такая защита. Но дело в том, что в одном случае двигатель так может отказать, что и ротор остановится. Ну и началось. А ведь кроме того, что двигатель надо сделать, надо еще сделать редуктор, который бы приводил во вращение несущий винт… И началась история. Хорошо еще, что мне тогда удалось уговорить, что мы не будем называть точный срок, двигатель представим по готовности вертолета. И мы действительно не задержали ни одну из этих фирм, ни Яковлева, ни Миля. Они никаких претензий к нам не имели. Но никто сроков таких не выдержал» (*Соловьев, с. 29*).

Десантно-транспортный вертолет Ми-4, в перегрузочном варианте берущий на борт 16 десантников с вооружением, был принят на вооружение летом 1953 г., когда корейская война уже закончилась. Вертолет Яковлева в серию не пошел — возникли проблемы с вибрацией. Но это событие дало мощный старт развитию советского вертолетостроения, находящегося ныне на передовых позициях в мире. Внешний вид боевого вертолета сильно изменился за пятьдесят лет. Имея вначале обтекаемую, аэродинамическую форму фюзеляжа, вертолет к настоящему времени трансформировался в нечто похожее на броневик с его гранеными поверхностями и мощной 30-мм пушкой. В результате если самолет находится на стоянке, то он не производит сильного впечатления — самолет хорош в полете. А вот современный вертолет, например, Ми-24, и на стоянке выглядит внушительно.

А двигатель на Ми-4 был все тот же АШ-82В (вертолетная модификация) мощностью 1900 л.с. с редуктором Р-5. Редуктор для вертолетного двигателя — это особая песня. Дело в том, что степень редукции на этих двигателях очень высока: обороты винта вертолета в «разы» меньше оборотов двигателя. И весит этот редуктор порядочно, и мощность передает большую контактным способом — через зубья шестерен. Отсюда — очень высокие требования как по точности изготовления зубьев и

качеству поверхности, так и по обеспечению их контакта. Иначе все выкрошится. Так что производство авиационных редукторов — это тоже «хай-тек».

Позже, в 1958–1960 гг., документация и детали (россыпью) этого мотора были переданы в Китай на авиационный госзавод № 120 в Харбине, где китайские товарищи с нашей помощью за 15 лет выпустили около 1000 вертолетов Ми-4 с двигателями АШ-82В. Хотя вначале и они недооценивали боевые возможности этого «тихоходного» летательного аппарата. Американцы всех научили.

Между тем вскоре после начала войны в Корее (в 1951 г.) новый Главком ВВС маршал Жигарев докладывал Сталину:

«Опыт воздушных боев в Корее реактивных истребителей МиГ-15 с американскими самолетами В-29 показывает, что такого типа бомбардировщики при встрече с современными реактивными истребителями, обладающими большими скоростями полета, становятся относительно беззащитными. Пленные американские летчики с самолета В-29 заявляют, что летный персонал американского бомбардировщика не успевает следить своим подвижным оружием за атакующими его истребителями МиГ-15 и вести по ним прицельный огонь. Это обстоятельство значительно облегчает самолетам МиГ-15 вести атаки по бомбардировщикам В-29 ввиду сравнительно низких скоростей последних, и в результате воздушные бои между этими самолетами заканчиваются, как правило, в пользу самолетов МиГ-15, что видно из следующих боев:

— в первом воздушном бою 6 МиГ -15 с 3 В-29 сбито два самолета Б-29;

— во втором воздушном бою 6 МиГ -15 с 5 В-29 сбито два Б-29;

— в третьем воздушном бою 8 МиГ-15 с 30 В-29 с прикрытием сбито три Б-29;

— в четвертом воздушном бою 8 МиГ-15 с 7 В-29, прикрытыми 4 истребителями F-47, сбито два В-29;

— в пятом воздушном бою 6 МиГ-15 с 19 В-29, прикрытыми 8 реактивными истребителями F-80, сбиты один В-29 и один F-80.

Таким образом, в пяти воздушных боях с численно превосходящим противником самолетами МиГ-15 сбито десять американских самолетов В-29 и один самолет F-80. Потерь самолетов МиГ-15 в этих боях не было.

Изложенные выше обстоятельства вызывают тревогу, что наш отечественный бомбардировщик Ту-4, имеющий примерно такие же летные данные, как и В-29, в том числе максимальную скорость полета до 560 км/час, в военное время, при действиях по

вражеским объектам, охраняемым современными реактивными истребителями, может оказаться относительно беззащитным.

Также вызывает тревогу, что проходящий в настоящее время летные испытания новый четырехмоторный бомбардировщик конструкции Туполева, с дальностью 12 000 км и максимальной скоростью полета до 600 км/час, будет обладать примерно теми же недостатками, что и самолет Ту-4.

Самолеты Ту-4 и новый дальний бомбардировщик при полетах в глубокий тыл противника, имея большую разность в скоростях полета с реактивными истребителями, на своем пути будут неоднократно подвергаться атакам вражеских истребителей, которым они не смогут, как показывает опыт в Корее, оказывать эффективного сопротивления и тем самым достигать цели.

Проектируемые конструкторами тт. Туполевым, Ильюшиным и Мясищевым дальние реактивные бомбардировщики с максимальной скоростью полета 900—1000 км/час войдут в серию и поступят на вооружение ВВС лишь через 2–3 года. За это время нашей промышленностью будет построено большое количество самолетов Ту-4, эффективность боевого использования которых, при имеющихся у них скоростях полета, будет невысока.

Встает вопрос о необходимости, наряду с созданием новых дальних реактивных бомбардировщиков, теперь же начать улучшать летные качества самолета Ту-4 и нового дальнего бомбардировщика за счет установки на них турбовинтовых двигателей ВК-2 или ТВ-022, повысив в первую очередь максимальную скорость полета этих самолетов». (Ту-4 до 700 км/час и Ту-85 до 750–800 км/час) [13].

Так закончилась эра боевой винтовой авиации с поршневыми моторами. На очередном этапе «войны моторов» победу одержали турбореактивные двигатели. Попытки модернизации самолета Ту-85 путем замены поршневых моторов на турбовинтовые быстро закончились. Уникальный самолет Ту-85 так и остался в одном экземпляре. Несмотря на лучшее (в 1,5–2 раза) отношение мощности к массе мотора у газотурбинных двигателей в сравнении с поршневыми, воздушный винт ограничивал скорость полета самолета. А реактивные истребители, используя вместо тяги винта реактивную тягу струи газов, потенциально не имели такого ограничения — было ясно, что и «сверхзвук» не за горами. Повысить живучесть бомбардировщиков можно было, только выходя на большие скорости. А для этого нужно было переходить на реактивную газотурбинную технику и принципиально новые аэродинамические схемы самолетов. Немцы поняли это еще до

войны.

ГЕРМАНСКИЙ ПРОРЫВ

Как же Германия опередила всех, даже США, безусловного лидера в авиационном моторостроении 1930-х гг. и разработчика передовых систем турбонаддува, в создании реактивных двигателей? Конечно, неслучайно. Хотя первые патенты на газотурбинный и прямоточный воздушно-реактивные двигатели получили французские инженеры Жиллом (Charles Guillaume) в 1923 г. и Лоран в 1913 г. (в 1933 г. французский инженер Ледюк запатентовал схему авиационного прямоточного двигателя), по традиции все еще демонстрируя уже уходящее первенство Франции в авиации, огромная реальная работа по «оседланию» начинающейся новой инновационной волны была сделана именно в Германии. Происшедшая смена поколений инженеров, стремление Германии и ее интеллектуальной элиты к возврату былой мощи, большой научный задел в аэродинамике, государственная программа поддержки авиационных инноваций как ключевого фактора победы в будущей войне, грамотно выстроенное (чрезвычайно компетентное) управление ограниченными ресурсами — все эти факторы обеспечили успех. Наконец, поражение всегда лучше учит, чем победа. Технология организации этого прорыва представляет интерес и сегодня как пример успешного проектного подхода при ограниченных ресурсах. Минимум бюрократии, максимум творчества, командная работа. Нечто подобное мы наблюдали в СССР при создании ракетных двигателей в 1960-е гг., чему автор был свидетелем, в частности, в Воронежском конструкторском бюро химавтоматики (так оно называлось по конспиративным соображениям) под руководством Косберга.

Ретроспективно кажется естественным переход от поршневого к турбореактивному двигателю. Ведь поршневые моторы четвертого поколения с турбонаддувом фактически уже были турбопоршневыми: воздух последовательно проходил через центробежный компрессор, затем через поршневую группу и далее через лопатки турбины, приводящей компрессор. Казалось, чего проще: заменить поршневую группу на турбокомпрессор с камерой сгорания — и все дела. В этом случае такты термодинамического цикла поршневой группы функционально и пространственно разделяются: сжатие «поручается» компрессору, горение — камере сгорания, а расширение и произведение работы — турбине. Но конструкторы-поршневики считали, что возможности поршневых моторов еще не исчерпаны. Можно создать еще более мощные моторы пятого поколения. И такие

моторы были созданы, например 4000 л.с. мощности 28-цилиндровый мотор ОКБ Швецова АШ-2К, четырехрядная «звезда» со спирально расположенными друг относительно друга рядами цилиндров. Но эти «динозавры» оказались настолько сложны в производстве и доводке и в довершение к этому тяжелы, что всем стало ясно, что эра боевых поршневых авиамоторов закончилась.

А турбореактивными двигателями первыми начали заниматься инженеры совсем другого поколения (рождения 1910-х гг.): Охайн в Германии, Уиттл в Великобритании, Ендрассик в Венгрии, Люлька в СССР. Удивительно, что в США в 1930-е гг. эти работы не велись вообще.

Тому способствовал анализ Национальной академии наук США о бесперспективности установки газовых турбин на самолеты из-за их большого веса (?!) [68], сделанный в январе 1941 г., когда первые самолеты с реактивными двигателями были уже сделаны в «железе». И в Великобритании отсутствовала государственная поддержка развития этого направления по сходной причине: еще в 1919 г. по заказу Министерства авиации был проведен и анализ возможности применения газовых турбин в авиации. Результатом был так называемый «доклад Стерна», и котором отмечалось, что «на настоящей стадии развития турбины внутреннего сгорания не подходят для самолетов по весу и расходу топлива» [66]. Пионеры авиационного турбостроения не имели никакого отношения ни к разработке поршневых моторов, ни к официальной системе — они вышли совсем из другой среды.

Как же все начиналось в Германии? После Первой мировой войны небольшую государственную поддержку исследовательским проектам оказывало Министерство связи(!). Первый контракт на исследования пульсирующего воздушно-реактивного двигателя (ПуВРД) получил в 1931 г. инженер Пауль Шмидт. Пульсирующий двигатель тоже кажется естественным переходным звеном от поршневого мотора с горением топлива при постоянном объеме (поршневой камере) к воздушно-реактивному двигателю непрерывного процесса горения при постоянном давлении. Пульсирующий двигатель — это комбинация горения в отдельной камере сгорания при постоянном объеме (для чего необходимы в ней клапаны, рудимент поршневого мотора с его поршнем-синтезатором всех функций обеспечения цикла) и раздельных функций сжатия в компрессоре и расширения в турбине. Кстати, как мы увидим далее, эта схема двигателя (ПуВРД) имеет тенденцию к возрождению сегодня, разумеется, с новым содержанием — созданием высокоэффективного детонационного двигателя.

После прихода Гитлера к власти для эффективного

управления авиапромышленностью и исследованиями в 1933 г. создается Министерство авиации во главе с Герингом. К 1935 г. сложилось полноценное управление авиационными разработками в виде отдельной структурной единицы Технического управления минавиации, имевшего пять отделов: исследований, разработок, производства, контрактов и испытаний. В 1936 г. во главе Технического управления стал Эрнст Удет, летчик, инженер, авторитет в области авиации. Было создано семь испытательных центров, старейшим и наиболее известным из которых был Е. Штелле-Рехлин под командованием майора Беренса.

В 1937 г. в отдел исследований был направлен квалифицированный инженер Гельмут Шельп для руководства уже давно идущими программами разработки ПуВРД Шмидта и ракетного двигателя Вальтера. Шельп годом ранее получил звание магистра при обучении в США, а также прошел специальный курс в Германском авиационном экспериментальном институте (DVL) в Берлине для подготовки руководителей авиапромышленности. Этот курс включал в себя и пилотирование самолета. Забегая вперед, можно сказать, что во многом именно благодаря Шельпу германская реактивная авиация достигла таких успехов. Он начал с фундаментальной постановки целей проектирования. Изучая проблему определения оптимальной скорости полета дозвуковых самолетов, он пришел к выводу исходя из законов аэродинамики, что максимальная скорость оптимального самолета должна соответствовать числу М (отношению скоростей полета и распространения звука), равному 0,82, т. е. 850–900 км/час. Этот вывод является фундаментальным и не устарел до сих пор: современные дозвуковые транспортные самолеты летают именно с такой скоростью. После этого Шельп начал изучать проблему силовой установки: какой тип двигателя способен обеспечить требуемую скорость самолета с приемлемым весовым совершенством? Так созрело понимание необходимости разработки реактивных двигателей: известно, что максимальную удельную (на единицу веса) мощность обеспечивает газовая турбина. Однако, как это часто бывает, окружающие этого не видели.

Шельп уходит из отдела общих исследований в отдел разработки двигателей и находит там союзника в лице Ганса Мауха, отвечающего за ракетные двигатели. Одновременно Шельп и Маух проводят консультации с ведущими моторными фирмами «БМВ», «Даймлер-Бенц», моторным отделением «Юнкерс». Однако конструкторы-поршневики с «БМВ» и «Даймлер-Бенца» придерживаются консервативной позиции, считая потенциал поршневых моторов далеко не исчерпанным.

Спустя короткое время они об этом пожалели — потенциал у этих фирм был высокий, и при наличии исторического времени (хотя бы пяти лет) и «БМВ» и «Даймлер-Бенц» смогли бы создать уникальные газотурбинные двигатели. Так, БМВ проектировала двигатель тягой 13 000 (!) кг, а «Даймлер-Бенц» создала первый в мире работающий двухконтурный двигатель. Откликнулось на план Шельпа моторное отделение «Юнкерса», и это неслучайно.

Именно Шельп принимает решение, определившее облик современного турбореативного двигателя — осевой тип компрессора как создающий минимальный лоб двигателя и соответственно лобовое сопротивление. Инновационность этого решения можно оценить только ретроспективно после многих лет создания авиационных осевых компрессоров. Как показывает опыт, авиационный осевой компрессор определяет успех или неудачу всего двигателя и хороший компрессор создается годами. Кроме того, течение в осевом многоступенчатом компрессоре плохо поддается расчетам даже сегодня при наличии развитых трехмерных газодинамических моделей. Доводка компрессора требует множества экспериментов как для отдельных ступеней, так и их последующего согласования при работе в системе. Короче, для того времени это был очень смелый и рискованный шаг. Неслучайно и Охайн, и Уиттл для своих первых двигателей выбрали более простые одноступенчатые центробежные компрессоры, по которым был накоплен большой опыт еще при создании нагнетателей.

На что же рассчитывал Шельп, выбирая осевой компрессор для будущего двигателя? Он рассчитывал на передовую научную школу в аэродинамике, сложившуюся к тому времени в Германии. Достаточно назвать лишь некоторые имена ученых первого ряда: Прандтль, Шлихтинг, фон Карман, работавшие в то время в Германии, чтобы понять, что надежды Шельпа были построены не на песке. К этим великим именам следует прибавить и имена доктора Энке и Бетца, специалистов по компрессорам, работавшим в Экспериментальном аэродинамическом институте в Геттингене. Так что обоснованные на первый взгляд опасения оппонентов Шельпа парировались имеющимся научным заделом. Но реально работающего авиационного осевого компрессора действительно не было!

В качестве разработчиков первого турбореактивного двигателя (ТРД) с осевым компрессором были выбраны фирмы «БМВ» и моторное отделение «Юнкерса». Была составлена и первая классификация (матрица) проектируемых типов ТРД, представленная ниже.

Класс	Тяга (кг)	Степень повышения давления	Кол-во ступеней турбины
			ТРД ТВД
1	До 1000	3,5	1 —
2	До 1700	5	2 3
3	До 3000	6	2 3
4	До 4000	7	3 5

Как видно из таблицы, уже тогда задумывалась целая гамма реактивных двигателей, включая и турбовинтовые (ТВД). Предусматривалась и разработка промежуточного (между ТВД и ТРД) класса реактивных двигателей — двухконтурного (ТРДД). Но на него не обратили тогда серьезного внимания и это было понятно: в самостоятельный класс этот вид двигателей оформился позже, когда технологический прогресс позволил сильно поднять температуру газа перед турбиной. Как и в случае с поршневым мотором воздушного охлаждения, именно двухконтурный двигатель является настоящим авиационным газотурбинным двигателем: нигде, кроме авиации, он не применяется. Далее мы увидим, почему.

Управление Шельпа провело большой объем исследовательских работ и по перспективному высокоэкономичному турбовинтовому двигателю с теплообменником для дальнего самолета, летающего со скоростью 600 км/ч на высоте 10 000 м. План работ по реактивным двигателям был составлен на… 16 лет! Несомненно, к 1950 г. Германия могла иметь передовую, непревзойденную авиацию в мире.

Параллельно с разработкой двигателей в Техническом управлении Министерства авиации в его самолетном отделе велась и разработка планера под новый двигатель. Работы над будущим реактивным самолетом (им оказался Ме-262) велись совместно с фирмой «Мессершмитт».

Пока Министерство авиации определялось со своей структурой, кадрами, планами, выпускник Геттингенского университета факультета прикладной физики и аэродинамики Ганс-Иоахим Пабст фон Охайн увлекся идеей реактивного двигателя и в 1935 г. даже получил патент на изобретение одной из разновидностей двигателя, близкий к патенту Уиттла, полученного им в 1930 г. Одержимый идеей создать такой двигатель, Охайн привлек к этому инженера-механика гаража Bartels und Becker, обслуживавшего его спортивный кар, Макса Хана. Как говорил позже фон Охайн: «Я как физик не имел понятия, что такое болты и гайки». За 1000 марок собственных денег Охайн и Хан сделали «гаражную модель» первого в мире

турбореактивного двигателя. Эта модель впечатляла своей простотой: к диску с одной стороны были приклепаны радиальные «лопатки» центробежного компрессора, а с другой — центростремительной турбины. Камера сгорания располагалась над колесом.

Вся «квадратная» (диаметр был примерно равен длине двигателя) конструкция была выполнена из листовых заготовок. По сравнению со сложной кинематикой и динамикой поршневых моторов этот «гадкий утенок» должен был просто ошеломить самолетных инженеров. Так оно и вышло. Автор видел двигатель Охайна в музее авиации в Мюнхене — в сравнении с тяжеленными поршневыми этот мотор кажется игрушкой. Когда автор этих строк поступил в МАИ в 1957 г. и, естественно, услышал о пионерах эры реактивных двигателей, авиация уже прошла огромный путь развития и вся стала реактивной. Казалось, что Охайн давно умер, а его изобретение и образец мотора, судя по чертежам и описанию патента, принадлежит древней истории техники, как вертолет Леонардо да Винчи — настолько ушли вперед конструкции двигателей. А между тем Охайн был не только жив (ему в 1957 г. было всего 46 лет!), но и активно работал в США, куда он перебрался после войны. Но об этом нам никто никогда не говорил, а альтернативных источников информации не было.

Между тем начались испытания «гаражной» модели и проявились неизбежные дефекты, в первую очередь связанные с горением. Деньги быстро кончились, надо было искать спонсора. Профессор Роберт В. Поль, хорошо знавший Охайна, в феврале 1936 г. написал рекомендательное письмо Эрнсту Хейнкелю, известному владельцу и конструктору самолетной фирмы. Эрнст Хейнкель (1888–1958), которому в это время еще не было и пятидесяти лет, принадлежал уже к другому поколению инженеров, нежели Гуго Юнкерс. Не имея никакого опыта в разработке авиамоторов, Хейнкель тем не менее всегда следил за новинками в области моторостроения, включая ракетные двигатели. После встречи Охайна с инженерами Хейнкеля первый в том же 1936 г. был приглашен к нему на фирму на работу. Вскоре там же оказался и Макс Хан. Позднее Охайн вспоминал: «Когда я впервые пришел к Хейнкелю, инженеры посчитали меня сумасшедшим специалистом-физиком, который не учитывал проблем, связанных с материалами, их обработкой, литьем и т. п. Меня очень волновали пробелы в моем обучении, и я очень много работал над их устранением, с тем, чтобы стать полноценным инженером. Через два года я уже знал все теоретические вопросы проектирования (*как ему казалось. — А.В.*) и инженеры Хейнкеля

уже не могли сказать мне ничего нового об этом предмете» (*Кей, с. 20*).

Работы по созданию первого в мире турбореактивно-I о двигателя HeS 1 (Heinkel-Strahltriebwerk 1 — реактивный двигатель Хейнкеля-1) велись в отдельном помещении под Ростоком и были строго засекречены. Над проектом работала группа опытных инженеров-конструкторов в количестве восьми человек и такая же по количеству группа опытных слесарей под руководством Хана. Благодаря листовой конструкции мотора его быстро изготовили на местном… судозаводе. К марту 1937 г. демонстрационный HeS 1 был готов и испытан, правда, вместо обычного углеводородного авиационного топлива на первых испытаниях использовался чистый водород из-за проблем с организацией горения. В то время все было внове — и в том числе аэродинамическая схема стабилизации горения с помощью зоны обратных токов, ставшая позднее классической. Ведь в прямоточном потоке воздуха, который имеет место в турбореактивном двигателе, из-за большой разницы скоростей потока и распространения пламени стабилизация пламени невозможна без специальных устройств — пламя будет «сдуваться».

Тут же началась работа по усовершенствованию двигателя, получившего обозначение HeS 3. Это был уже «деловой» двигатель, над которым работало много специалистов. Модификация двигателя Охайна HeS 3Ь к лету 1939 г. была готова к летным испытаниям. В июле начались летные испытания на «летающей лаборатории» — самолете Не-118, одномоторном моноплане, конкуренте пикирующего бомбардировщика Ю-87. Двигатель Охайна был подвешен под фюзеляжем. Самолет пилотировал капитан ВВС Эрих Варзитц. Двигатель запускался после взлета самолета с помощью поршневого мотора. В августе уже был готов специально спроектированный планер самолета Не-178 для установки на него второго экземпляра двигателя. Первый в мире реактивный самолет Хейнкеля представлял собой одноместный моноплан с верхним расположением крыла и размещением двигателя в фюзеляже с длинным выхлопным каналом. По сравнению с тогдашними самолетами он был необычного вида — отсутствовал винт. Позже, правда, двигатели размещали на самолете в отдельных гондолах.

24 августа 1939 г., буквально накануне Второй мировой войны, состоялся исторический полет первого реактивного самолета, вначале только пролетом вдоль взлетной полосы, а уже 27 августа — полный полет, оставлявшего за собой голубой цвет продуктов сгорания бензина. Максимальная скорость самолета с

этим двигателем достигла 600 км/ч. Несомненно, удачная демонстрация реактивного самолета перед официальными лицами Министерства авиации подтолкнула работы в этом направлении. Казалось, что, вырвавшись вперед, фирма Хейнкеля с Охайном сможет занять монопольное положение в пой области. Но были и ограничения, которые не позволили этому тандему выйти на серийное производство реактивных самолетов и занять лидирующее положение.

Во-первых, на фирме Хейнкеля не было производственных мощностей для серийного производства двигателей, во-вторых, достаточного количества опытных инженеров-мотористов для решения проблем доводки, а в-третьих, генеральным направлением развития турбореактивных двигателей Гельмут Шельп определил применение осевых компрессоров, имеющих меньший «лоб». Первую проблему удалось решить, присоединив в 1941 г. к «Хейнкелю» известную фирму «Хирт» — Hirth Motoren GmbH (объединенная фирма стала называться «Хейнкель-Хирт»), занимавшуюся производством нагнетателей. Этому (приобретению контрольного пакета акций «Хирта» «Хейнкелем» через банк) помог Эрнст Удет незадолго до своей гибели. Кроме того, осенью 1939 г. коллектив инженеров «Хейнкеля» существенно усилился: к Хейнкелю — после выбора проекта Юмо-004 (109–004) и подписания госконтракта на его разработку перешел со своим альтернативным проектом из моторного отделения «Юнкерса» возможно, самый выдающийся конструктор турбореактивных двигателей, Макс Адольф Мюллер вместе с большой командой инженеров. Скорее всего, его просто выжили руководитель «Юнкерс Моторен» Отто Мадер и руководитель проекта 109–004 Ансельм Франц. Как известно, все талантливые люди неуживчивы, скорее всего, Мюллер принадлежал к их числу.

Исторический момент: летчик-испытатель Варзитц, Эрнст Хейнкель и фон Охайн после первого в мире полета реактивного истребителя (август 1939 г.).

Следующие модификации двигателя Охайна имели обозначения HeS 6 и HeS 8. Последний, наконец, получил господдержку и соответственно индекс 109–001. Как и первенец Охайна, этот двигатель имел центробежный компрессор: Охайну вообще поручили развивать направление двигателей с центробежными компрессорами, оказавшееся в конечном счете тупиковым. Частично такое разделение было обусловлено и тем, что на самолетной фирме Хейнкеля не было испытательных стендов для исследования и доводки осевых компрессоров. Стенд мощностью 14 Мвт в Ростоке начали строить, но до конца войны закончить строительство не удалось.

HeS 8 предназначался для двухмоторного истребителя He-280, первый полет которого состоялся в апреле 1941 г. в присутствии официальных лиц — Удета и Шельпа. Это был аэродинамически очень красивый самолет: двигатели на этом истребителе устанавливались под крыльями в обтекаемых гондолах, а хвостовое оперение имело два киля. Однако только к началу 1943 г. было изготовлено достаточное количество двигателей. К тому времени вперед уже вырвался Me-262 с двигателем «Юнкерса» 109–004. И фон Охайн и перешедший к Хейнкелю из «Юнкерса» Мюллер трудились в Ростоке. Последний с 1938 г. работал над проектом 109–006 (или по принятой на «Хейнкеле» системе обозначений — HeS 30), который был задуман еще на «Юнкерсе» и составлял альтернативу двигателю HeS 8. Этот турбореактивный двигатель Мюллера с инновационным осевым компрессором (ступени со степенью реакции 0,5 вместо 1 в компрессорах Энке, что существенно повышало кпд компрессора — проект Рудольфа Фридриха с «Юнкерса») был самым совершенным турбореактивным двигателем до конца 1940-х гг., включая и минимальное лобовое сопротивление, что особенно важно для внешнего по отношению к фюзеляжу расположению двигателей. Однако недостаток производственных мощностей на фирме Хейнкеля, субъективизм Шельпа и в довершение конфликт Мюллера с Хейнкелем привели к тому, что этот замечательный двигатель опоздал. В этом классе тяг (до 1000 кг) к этому времени (начало 1943 г.) уже существовал серийный, ставший знаменитым двигатель 109–004. Его конкурент 109–006 в серию так и не пошел, хотя его испытания шли до конца войны.

И Мюллер, и Охайн не были «поршневиками»: в то время как

Мюллер был специалистом по турбонагнетателям и его приход в турбореактивную тематику был естествен, то Охайн, как мы видели, пришел вообще из университетской среды — от чистой идеи такого типа двигателя.

Летом 1941 г. Техническое управление Шельпа выдало техзадание на разработку бомбардировщика с двумя турбовентиляторными двигателями. Шельп лично принимал участие в формировании облика будущего двигателя, в котором предполагалось реализовать много инноваций. В частности, двигатель должен был иметь два компрессора, каждый из которых приводился своей турбиной и камерой сгорания, а третья, силовая турбина приводила закапотированный воздушный винт. То есть это был инновационный проект трехвального турбовинтового двигателя с промежуточным подогревом между турбинами. Этот проект не был тогда реализован; спустя десять лет после войны подобный двигатель (только без второй камеры сгорания) реализовали англичане — турбовинтовой «Тайн» («Tyne»). Но тем не менее основу этого двигателя (т. н. газогенератор, или по англ. core — ядро, сердечник), представляющей собой схему обычного турбореактивного двигателя (компрессор + камера сгорания + турбина) было решено сделать на фирме «Хейнкель-Хирт». Шельп был ярым приверженцем промежуточной (между осевым и центробежным) схемы компрессора, а именно — диагональной, несмотря на имеющиеся отрицательные результаты. Этому были свои причины — Шельп ожидал повышения надежности компрессора при попадании посторонних предметов на входе, засасываемых при взлете. Тонкие, «слабые» лопатки осевого компрессора, как известно, очень чувствительны к этому и сегодня.

Проект с его помощью получил господдержку, ему был присвоен индекс 109–011, и работы начались на заводе Хирт в Штутгарте. Туда же переехал и Охайн, соединившись с группой Мюллера — фирме «Хейнкель-Хирт» было приказано сосредоточиться только на этом проекте — это был проект турбореактивного двигателя, который должен был иметь тягу 1300 кг (т. е. свыше 1000 кг, в следующем классе по классификации Шельпа). Как оказалось, это был самый мощный турбореактивный двигатель, реализованный в металле до конца войны. Фирма Хирт», как уже отмечалось, имела опыт работы над турбонагнетателями, в частности для проекта поршневого двигателя «Даймлер-Бенц» DB.605G для повышения его высотности до 15 км.

Инноваций в этом двигателе было много, включая освоение изготовления диагональной ступени компрессора вместе с

лопатками из цельного куска алюминия. Сегодня такая технология называется «блиск» (от совмещения двух английских слов «blade» — лопатка и «disc» — диск) и требует для своей реализации точных пятикоординатных фрезерных станков с управлением от ЭВМ.

И здесь следует упомянуть о главных проблемах создания турбореактивных двигателей, которые сразу проявились, как только двигатели начали реально длительно испытываться. Как всегда в условиях жестких сроков создания двигателя, это оказалось неожиданностью. Далее мы еще увидим множество примеров подобных «промахов» при проектировании двигателей, несмотря на имеющийся опыт. Как уже отмечалось, основой газотурбинного двигателя является лопаточный компрессор. Лопатки эффективного компрессора представляют собой тонкие аэродинамические профили, что обусловливает их малую жесткость и соответственно низкую собственную частоту (первая форма колебаний 100–300 Гц) и склонность к возбуждению колебаний и автоколебаний (флаттер). С подобной проблемой мы уже встречались при описании истории создания воздушных винтов с тонкими стальными аэродинамическими профилями.

В результате, например, при типичной частоте вращения ротора 100–150 об/сек, неоднородность поля скоростей воздуха на входе, генерируемая двумя-тремя силовыми стойками или боковым ветром, вызывает резонанс периодической вынуждающей силы при прохождении лопатками зон неоднородности и собственной частоты колебаний лопаток, быстро приводящий к их усталостным поломкам. Этот процесс накопления повреждений усиливается в случае забоин на лопатках от посторонних предметов, снижающих их предел выносливости. Не последнюю роль в этом неприятном явлении играет и технологическая наследственность (остаточные напряжения) при их изготовлении. Полностью изжить эти дефекты на газотурбинных двигателях не удается до сих пор, даже после более чем пятидесятилетней истории их создания. Это родовая проблема ГТД. Что же говорить о начале пути? Все немецкие двигатели прошли через это. И здесь выдающуюся роль в решении этой проблемы на двигателях и 109–004 (Юмо), и 109–006 («Хейнкель-Хирт») сыграл немецкий инженер Макс Бентеле.

Руководителем моторного отделения «Юнкерса», как уже упоминалось, был профессор Отто Мадер (умер в 1943 г.), который первоначально не высказывал энтузиазма по отношению к таким инновационным проектам, как турбореактивные двигатели. Но Шельп «уговорил» Мадера заняться этим делом на государственные деньги, предварительно согласовав с ним в

1938 г. контракт, который в 1939 г. получил законную силу, на будущий двигатель 109–004. Почему-то (скорее всего, из-за идеологических соображений — Мадер не любил немцев-нацистов) руководителем проекта был назначен не уже работавший на «Юнкерсе» Мюллер, а доктор Ансельм Франц, австрийский инженер, специалист по нагнетателям и выхлопным системам поршневых моторов. Шельп порекомендовал», что в условиях госфинансирования означало, по сути, приказ, моторному отделению «Юнкерса» заняться продолжением работ над двигателями Мюллера.

Но с одной стороны, Франц решил начать работу с нуля (надо думать, при поддержке Мадера), а с другой — Мадер — сосредоточиться только на одном проекте, что и привело, как мы помним, переходу Мюллера к Хейнкелю. Работы по созданию 109–004 начались с создания испытательной базы: были построены уникальные высотные стенды, т. е. испытательные камеры, воспроизводящие условия полета на высоте до 13 000 метров. Совокупная мощность установок составляла 6,5 Мвт. В этом моторное отделение «Юнкерса» уступало только «БМВ». К 1943 г. в Магдебурге на «Юнкерс Моторен» сформировалось мощное КБ в составе 500 инженеров. Осевой компрессор разрабатывали в Геттингене (Экспериментальный аэродинамический институт), а турбину проектировал профессор Крафт из фирмы AEG (Allgemeine Elektrizitats Gesellschaft — Всеобщая электрическая компания). Вначале решили идти академическим путем — изготовить уменьшенную модель двигателя для отработки системных вопросов. Но вскоре выяснилось, что это приведет к большим затратам времени и не так уж много сэкономит средств. Поэтому вся доводка проводилась на «натуре». И сейчас делается так же.

15 марта 1942 г. двигатель 109-004А был впервые испытан в полете на поршневом Ме-110. Первый реактивный истребитель Ме-262 был уже готов в 1941 г., совершая полеты, пока не готовы реактивные двигатели, на поршневых моторах. Тогда же, в 1941 г., его уже пробовали поднять в воздух с двумя двигателями «Хейнкель-Хирт» 109–001 и «БМВ» 109–003, но неудачно. Таким образом, первый реактивный полет Ме-262 совершил с двумя двигателями «Юмо» 109-004А тягой 840 кг 18 июля 1942 г. Всего было изготовлено тридцать опытных двигателей 109-004А, на которых шли интенсивные испытания по доводке узлов и систем. Затем начались модификации. Наиболее массовой была модификация 109–004 В-1. Запуск в серийное производство Ме-262 уже в 1943 г. на полгода еще задержал лично Гитлер, требуя, чтобы истребитель мог нести бомбовую нагрузку.

Основными дефектами этого турбореактивного двигателя, как и почти всех двигателей этого типа, были резонансные поломки лопаток. В данном случае — это лопатки третьего ряда статора компрессора и роторные лопатки турбины. Собственные частоты лопаток при их возбуждении в приспособлении определяли на слух, для чего был привлечен профессиональный музыкант.

Приглашенный в качестве эксперта Макс Бентеле определил и источники возбуждения: шесть жаровых труб камеры сгорания и три стойки за турбиной (произведение числа оборотов в секунду — 150 — на количество труб или стоек было как раз равно собственной частоте колебаний лопаток: 450 и 900 герц). Уход от резонанса был осуществлен изменением (снижением на 2,5 %) числа оборотов на длительном режиме работы, а также повышением жесткости лопаток (увеличением собственной частоты). Кроме того, со временем подобрали и правильное соотношение чисел лопаток статора и ротора (35/61): известно еще из опыта паровых турбин, что нужно выбирать простые числа для количества лопаток хотя бы ротора. Как это ни смешно, но на эти «грабли» периодически наступают следующие поколения конструкторов. Где-то это проходит, а где-то история с резонансными поломками вновь и вновь повторяется. Особенностью резонансных поломок компрессорных лопаток сегодня является инициация начального повреждения лопатки от попадания постороннего предмета в двигатель (птица, камешек и т. п.). В результате резко снижается ее усталостная долговечность, особенно чувствительны к этому титановые лопатки. Если к тому же существует «окно» резонансных режимов работы лопатки, то — «пиши пропало». Поэтому для первых трех ступеней компрессора, подверженных такого рода повреждениям, в зоне рабочих режимов резонансы по первой изгибной форме недопустимы вообще, несмотря на кажущуюся малую амплитуду возбуждения в нормальных условиях. Как уже отмечалось, источниками возбуждения компрессорных лопаток, имеющих сравнительно малую жесткость (низкую собственную частоту) из-за их тонких профилей, являются силовые стойки, места отбора воздуха и т. д. Как нарочно, конструкторы, проектирующие эти элементы, тяготеют к окружной симметрии (3 или 6 стоек равномерно по окружности и т. д.), что является потенциальным источником упомянутых проблем с лопатками.

Конечно, межремонтный ресурс этого первого в мире боевого турбореактивного двигателя был небольшой — всего 25 часов, но это был серийный двигатель, и будь у Германии еще немного исторического времени, то, конечно, этот двигатель был бы доведен до совершенства. Двигатель работал устойчиво до

высоты 10 000 метров. Сопловые, а вскоре и рабочие (роторные) лопатки турбины двигателя 109–004 уже тогда были сконструированы охлаждаемыми (воздухом). Основная часть лопатки турбины (т. н. «перо») выполнялась полой и ножки не имела, а запрессовывалась и припаивалась к диску. R результате оказалось возможным получать перо лопатки вытяжкой. Для этого Вильямом Примом на фирме его имени в Штольберге был разработан специальный технологический процесс вытяжки тонкостенного пера лопаток турбины на прессах без механической обработки, оказавшийся простым и очень производительным. Начали было строить завод производительностью 300 тыс. (!) лопаток в месяц, но не успели до конца войны. Всего на четырех заводах было выпущено около 6000 двигателей «Юмо» 109–004 до конца войны. Ежемесячное производство этого двигателя начиная с 1945 г., составило около 1000 штук.

В эксплуатацию было принято три типа самолетов: истребитель Ме-262 A-1a Schwalbe («Ласточка»), бомбардировщик Ме-262 A-2a Sturmvogel («Буревестник») и разведчик и бомбардировщик «Арадо-234В». К сентябрю 1944 г. первое многоцелевое реактивно-истребительное подразделение Erprobungkommando 262 завершило этап войсковых испытаний Ме-262, и было создано спец-подразделение для проведения боевых испытаний Арадо-234 Sonderkommando Gotz. Первым чисто боевым подразделением Люфтваффе, вооруженным реактивными истребителями, стала, как известно, «Команда Новотны». Эта «команда» в составе 12 истребителей вступила в войну 3 октября 1944 г. Однако первые воздушные бои оказались малоудачными — много самолетов было потеряно в авариях, а некоторые были сбиты при сбросе скорости во время подготовки к атаке. Нужно было менять тактику — вместо маневренного боя с применением пушек использовать ракетное вооружение, применяемое с дальней дистанции на большой скорости. Для этого была сформирована специальная группа JG7. Кроме того, занялись и обучением пилотов на двухместных Ме-262, для чего были созданы учебно-тренировочные центры. Также в сентябре 1944 г. были сформированы и первые бомбардировочные подразделения Ме-262 A-2a: «Команда Шенка» и «Команда Эдельвейс». «Арадо-234» эффективно использовался в качестве разведчика, беспрепятственно летая над Британскими островами и Северной Италией. Во время Арденнского наступления немцев в декабре 1944 г. несколько «Арадо-234» из состава эскадры KG 76 впервые отбомбились по союзникам. Ме-262, будучи неуязвимым, оказался идеальным ближним разведчиком. Всего было построено

1433 Ме-262, из которых около 200 поступило в боевые части.

Между тем работы по модификациям 109–004 шли непрерывно: вслед за первой серией «A» появились «B», «C», «D», «E», «F», «G», «H». Особенно интересными модификациями были «E» и «H». Первая модификация была с форсажной камерой за турбиной. А вторая — по сути, новый двигатель с 11 — ступенчатым компрессором (степень сжатия 5) и двухступенчатой турбиной — тягой 1800 кг, т. е. в два раза большей, чем у прототипа.

Последней попыткой немцев переломить ход воздушной войны на Западе, где бомбардировки союзников нанесли катастрофический урон военной промышленности Германии, было создание массового, так называемого «народного» истребителя Хейнкеля «Саламандра», серийно производившегося с 1945 г. Особенностью этого самолета была компоновка двигателя «БМВ» 109–003 на самолете: он располагался на «спине» фюзеляжа подобно пульсирующему двигателю на крылатой ракете Фау-1.

Ниже представлена таблица разработок (это только по госконтрактам, не включая инициативные разработки фирм) воздушно-реактивных двигателей в Германии менее чем за 10 лет. Такое обилие самых различных вариантов схем двигателей, размерностей и областей их применения возможно только на первой стадии новой инновационной волны. Сегодня, когда инновационная волна авиационных газотурбинных двигателей прошла, появление нового двигателя является довольно редким, по сути, единичным явлением, воплощающим в себе все мировые технологические достижения.

Индекс двигателя	Фирма-производитель	Тяга двигателя	Применение	Примечание
109-001	Heinkel-Hirth	600	He-280 (первый полет в апреле 1941 г.)	Серийный с центробежным компрессором и центростремительной турбиной
109-002	BMW	700	Проект, изготовлены узлы	Осевой компрессор с противовращением
109-003	BMW	900	He-162, Volkjager («Народный истребитель») «Саламандра»	Серийный с 1945 г.
109-004	Junkers	840	Me-262 (первый полет в июле 1942 г.), Ar-234	Серийный, выпущено свыше 6 тыс. моторов
109-005	Porsche	500	Проект для крылатой ракеты увеличенной дальности	Одноразовый
109-006	Heinkel-Hirth	900	Опытный для Me-262, Ar-234	Проект Мюллера с инновационным компрессором Фридриха
109-007	Daimler-Benz	1275	Опытный (для дальнего Ar-234)	Первый в мире двухконтурный, проект доктора Лейста
109-008	Heinkel-Hirth	900	Опытный	На базе 109-001
109-009	Heinkel-Hirth	900	Опытный	На базе 109-001
109-010	Heinkel-Hirth	900	Опытный	Двухконтурный на базе 109-001
109-011	Heinkel-Hirth	1300	Опытный (для Me-262, Ar-234, Ju-287)	С диагональным компрессором (схема Шельпа)
109-012	Junkers	2780	Проект для Ju-287 с крылом обратной стреловидности	
109-014	Argus Motoren Gesellschaft	350	Fi-103, «Физелер», крылатая ракета (Фау-1)	Пульсирующий, серийный.
109-015				
109-016	Daimler-Benz	13000	Проект	Самый большой двигатель, диаметр 2,0 м.
109-018	BMW	3400	Проект (для Ju-287 с крылом обратной стреловидности)	На базе 109-028 12-ступенчатый компрессор

109-021	Daimler-Benz		Проект	Турбовинтовой на базе 109-011
109-022	Junkers	5000 л.с.	Проект	Турбовинтовой на базе 109-012
109-028	BMW	8000 л.с.	Проект для Не-177 «Грейф» и Ме-264, дальних «бомбе-ров» для бомбежки США	Турбовинтовой с двухрядным вин-том противополож-ного вращения
109-044	Argus Motoren Gesellschaft			Пульсирующий, развитие 109-014

Особо необходимо отметить инновационные работы германских ученых и инженеров в области прямоточных воздушно-реактивных двигателей, или двигателей Лорана — по имени французского изобретателя. Прямоточный двигатель заманчив своей простотой конструкции — в нем нет роторов, сложных трансмиссий, лопаток с их проблемами. Но этот двигатель имеет и существенный родовой недостаток: для его функционирования как теплового двигателя, т. е. преобразователя тепла в работу расширения рабочего тела и соответственно в движение, необходима начальная скорость. Преобразование скорости в давление (т. е. торможение набегающего потока воздуха) во входном устройстве «прямоточки» с последующим подводом тепла в камере сгорания и расширением газов в сопле позволяет организовать термодинамический цикл и, получив в нем работу, преобразовать ее в тяговую мощность. При этом чем выше скорость, тем эффективнее работает «прямоточка». При числе Маха полета выше 3,5 (область «гиперзвука») степень повышения давления набегающего потока во входном устройстве «прямоточки» настолько превосходит степень повышения давления в компрессоре обычного турбореактивного двигателя, что компрессор становится излишним. Именно поэтому область применения реактивных газотурбинных двигателей ограничена этим предельным числом Маха.

Выше (от M = 3,5 до M = 6) находится наиболее эффективная область работы прямоточного двигателя. Максимальное число Маха, равное 6, ограничено, в свою очередь, теплотворной способностью топлива (самой энергетической пары водород + воздух): ведь эффективность термодинамического цикла определяется отношением максимальной и минимальной температур в цикле. Поскольку максимальная температура

ограничена теплотворной способностью топлива, а температура на входе в камеру сгорания повышается с ростом степени повышения давления, то при числе М6 воздушно-реактивный двигатель вырождается.

Неслучайно поэтому, что еще в 1937 г. прямоточными двигателями в Германии заинтересовались прежде всего Сухопутные силы. Возникла идея (Вольф Троммсдорф) разработки инновационного, так называемого активно-реактивного снаряда большой дальности: из артиллерийского ствола выстреливается снаряд, оснащенный «прямоточкой», после достижения определенной скорости включается подача топлива в прямоточную камеру сгорания, и снаряд летит дальше уже с помощью реактивной силы насколько хватит запаса топлива. Ввиду ограниченности массы снаряда, несущего в том числе и заряд взрывчатого вещества, воздушно-реактивный двигатель, использующий в качестве рабочего тела окружающий воздух, обеспечивает лучшие массовые характеристики снаряда по сравнению с ракетным. К 1938 г. идея Троммсдорфа оформилась в теорию применения снаряда. Ему же была поручена разработка такого снаряда.

Принципиальное различие процессов расширения и сжатия движущегося сверхзвукового потока воздуха заключается в том, что в случае геометрического воздействия на поток (изменением проходного сечения) при расширении (увеличении скорости) волны разрежения расходятся веером, не пересекаясь, а при сжатии (уменьшении скорости) волны сжатия пересекаются, образуя сильные ударные волны. Главной проблемой эффективного преобразования скорости набегающего сверхзвукового потока в давление становится уменьшение интенсивности ударных волн. Если произвести торможение потока в одной ударной волне, то потери давления сведут на нет все преимущества. Таким образом, проектирование оптимального сверхзвукового диффузора становится главной задачей при создании прямоточного реактивного двигателя.

И здесь германская наука вновь оказалась на высоте. Проблемой проектирования сверхзвуковых диффузоров занимался Клаус Освatич под общим руководством Прандтля в Геттингенском авиационном НИИ (Kaiser-Wilhelm-Institut Stromungforschung). Хотя идея многоконусного диффузора с торможением потока в серии последовательных ударных волн слабой интенсивности была не нова, но выбор оптимальной конфигурации потребовал многочисленных экспериментов в аэродинамических трубах. Дело в том, что, как оказалось, оптимальное сочетание (минимальная сумма) внешнего

сопротивления и внутренних потерь в ударных волнах реализуется в далеко не очевидной аэродинамической схеме сверхзвукового диффузора, а именно в так называемой «схеме внешнего сжатия с выбитой ударной волной». К 1943 г. Освати́ч накопил достаточно материалов испытаний, чтобы спроектировать хороший диффузор для «прямоточки», а к концу войны был накоплен задел для проектирования диффузора до гиперзвуковой скорости M = 4,4.

В конце 1944 г. КБ Троммсдорфа разработало межконтинентальную крылатую ракету D6000 с прямоточным воздушно-реактивным двигателем. По проекту ракета начинала свободное падение с высоты 14 км при скорости 720 км/час с самолета-носителя. Ракета падала с высоты своего пуска до тех пор, пока отстреливаемые ракетные ускорители, расположенные на концах крыльев, не придавали ей ускорение до числа M = 2,8. На этой скорости включался прямоточный двигатель, ускоряя ракету до M = 4 и выводя ее на высоту 24 км. Затем ракета продолжала полет на расстояние 5000 км и за 300 км до цели начинала снижение. Дефицит топлива даже для опытного самолета-носителя в конце войны не позволил провести пусковые испытания уже изготовленной крылатой ракеты большой дальности Троммсдорфа.

А что же Пауль Шмидт со своим проектом пульсирующего воздушно-реактивного двигателя? Как мы помним, он начинал самым первым. Долгое время Шмидт работал над проблемой зажигания свежей порции пламени в пульсирующем двигателе: прямоточная схема течения топливовоздушной смеси требовала скорости распространения пламени 100 м/с, чтобы вписаться в приемлемые габариты. Как известно, обычный фронт пламени распространяется с помощью теплопроводного (молекулярного и турбулентного) механизма переноса со скоростью не более 10 м/с, т. е. в десять раз меньше. Шмидт начал экспериментировать с переносом тепла с помощью ударной волны, имеющей существенно большую скорость. К1937 г. Шмидт установил, что отраженная от выхода первоначально инициированная вспышкой ударная волна способна периодически вызывать поджигание свежей смеси без источника зажигания. Так была решена основная проблема пульсирующего (горения с частотой 50 герц) реактивного двигателя.

Проект самолета-снаряда с ПуВРД, представленный в 1934 г. Шмидтом и Маделунгом Министерству авиации, поначалу не получил одобрения. Шмидту оказали поддержку фон Браун и доктор Дорнбергер, известные специалисты-ракетчики. В результате проект получил финансовую господдержку, с помощью

которой в Мюнхене небольшая группа конструкторов разработала первый самолет-снаряд. Первый двигатель Шмидта с автоматическим зажиганием с помощью ударной волны прошел испытания в 1938 г. Несмотря на, казалось бы, простую схему пульсирующего реактивного двигателя, при его доводке пришлось решать много сложных задач, оригинальные решения которых нашли отражение в конструкции. Двигатель получил обозначение SR.500, что обозначало инициалы конструкторов (Шмидт и Pop) и диаметр трубы, в которой шло горение, равный 500 мм. В 1942 г. инновационный SR.500 показал на стенде тягу 750 кг, но до летных испытаний дело так и не дошло. Этот двигатель почему-то «не любили» — так бывает даже в таком рациональном мире, как авиационные моторы. Правда, к этому были некоторые основания: двигатель неприятно шумел, более того, своим акустическим воздействием он разрушил аэродинамическую трубу. После этого пульсирующие двигатели испытывали только на открытых (без стен) стендах.

К этому времени получавшая большее финансирование фирма «Аргус» продвинулась значительно дальше Шмидта в разработках ПуВРД. Как ни странно, но когда в 1939 г. берлинской фирме «Аргус», занимавшейся производством небольших поршневых моторов и нагнетателей, была поручена разработка ПуВРД, то на этой фирме ничего не знали о работах Шмидта. Работы по созданию пульсирующего двигателя на фирме «Аргус» вел талантливый инженер Гюнтер Дидрих, занимавшийся опытно-конструкторскими работами по парогенераторам и применением паровых двигателей на самолетах и автомобилях. Сотрудничество с группой Шмидта начиная с 1940 г. позволило Дидриху решить ряд проблем, в частности использовать шмидтовскую конструкцию клапанов. Первые летные испытания ПуВРД Дидриха тягой 120 кг были проведены в апреле 1941 г., а вскоре в этом же году он ушел с фирмы, считая применение пульсирующих двигателей невозможным при скорости полета выше 600 км/час. Уйдя из КБ, Дидрих создал научно-исследовательский центр, продолжавший заниматься процессами в ПуВРД. В ходе конкурса на «народный», т. е. дешевый, истребитель были представлены и проекты самолетов (фирмы «Хейнкель», «Юнкерс», «Блом» и «Фосс»), оснащенные доведенными ктому времени (конец 1944 г.) ПуВРД 109–014. Победила, как известно, «Саламандра» Хейнкеля с турбореактивным «БМВ». Пульсирующий ВРД, кроме прочего, оказывал сильное акустическое воздействие на планер самолета, срывая тканевое покрытие планера и повреждая металлические конструкции.

В 1945 г. самолеты-снаряды Фау-1 летали уже со скоростью около 800 км/час.

Создание самолета-снаряда, или, как бы теперь назвали, крылатой ракеты с ПуВРД, было поручено самолетной фирме Герхарда Физелера в городе Касселе. В декабре 1942 г. сам Физелер пролетел на самолете «Фокке-Вульф-200» над Пенемюнде и сбросил первый планер Фау-1, проведя тем самым первое летное испытание без силовой установки. Однако вначале удалось довести и внедрить в серию только Фау-1, запускаемые с наземных установок — катапульт (т. е. крылатые ракеты «земля — земля»). Назначение этого нового оружия было — не допустить высадку союзников в Европе. Но союзники высадились раньше (6 июня 1944 г.), чем началось боевое применение этих ракет (первый удар по Лондону был нанесен 13 июня 1944 г.). К 29 июня было выпущено уже 2000 крылатых ракет Фау-1. Кульминацией был удар по Лондону 2 августа, когда 107 ракет из выпущенных 316 достигли города. После продвижения союзных войск во Франции, когда позиции для запуска ракет были утрачены, главной целью бомбардировок стал голландский порт Антверпен. Всего по Лондону было зафиксировано 2419 ударов, а по Антверпену — 2448 ударов. Из выпущенных по целям ракет достигло цели 25 %. Всего было изготовлено 30 000 крылатых ракет Фау-1. Вес взрывчатого вещества, транспортируемого этой ракетой, составлял внушительные 850 кг. Так что бомбардировки и Лондона, и Антверпена были серьезные.

Интересна история попыток американцев наладить серийный выпуск Фау-1 для боевого применения против Японии. В руки союзников попало много неразорвавшихся ракет, которые позволяли их воспроизвести. Был подписан контракт с фирмой «Форд» в Детройте на выпуск 3000 штук. Но в связи со скорой победой над Японией «американский» ПуВРД PJ-31-1, как он был обозначен, прекратил свое существование.

СМЕНА ЛИДЕРОВ

В 1945 г. закончилась Великая война, но не Великая борьба за мировую гегемонию. Одни глобальные игроки сошли со сцены истории (Германия, Япония и Великобритания), другие (США и СССР) — появились. Но если США стали лидером за счет собственного усиления, то СССР — за счет большего, чем он, ослабления конкурентов: физически разгромленных и оккупированных Германии и Японии и теряющей свои колонии Великобритании. Эта принципиальная разница в базисе силы США и СССР определила особенности траектории послевоенной истории: СССР должен был догонять экономически и инновационно далеко ушедшие вперед США, а для этого фактически не было ресурсов. Мало того, что необходимо было догонять США, надо было одновременно еще и восстанавливать почти полностью разрушенную страну и помогать новым союзникам в Восточной Европе. В сравнении с США СССР по экономическому и человеческому потенциалам был даже не на нуле, а в отрицательной, убыточной области. По данным ЦСУ Госплана СССР, прямой экономический ущерб (потеря имущества) из-за войны составил 679 млрд рублей (в ценах 1940 г.), что вдвое превосходило вложения в экономику страны за три предвоенные пятилетки. То есть вся «индустриализация», с такими жертвами проведенная в 1930-е гг., рухнула. Кроме того, был и косвенный ущерб:

• Расходы на войну (чистые потери национального дохода) …….. 1890 млрд руб.

• Потери доходов населения и предприятий при переходе от войны к миру и содержание избыточной армии (до 1947 г.) …..501 млрд руб.

• Потери национального дохода от убыли населения и потери трудоспособности инвалидов войны……..1664 млрд руб.

Итого, прямой и косвенный ущерб от войны составил 4734 млрд рублей в ценах 1940 г., или более чем в 10 (!) раз превзошел вложения довоенных пятилеток. В долларовом выражении это составило 893 млрд тогдашних долларов США (*Симонов Н., с. 192*).

Для решения этой исторической задачи («догнать и перегнать») необходимо было прежде всего историческое время, которое, в свою очередь, обеспечивается только гарантированной безопасностью государства. Ас безопасностью СССР были

проблемы. США, получив фору в экономической и военной мощи, попытались преобразовать ее в глобальное (включая СССР) влияние. Доктрина «холодной» войны, которая в любой момент могла превратиться в «горячую», была сформулирована в знаменитой «длинной телеграмме» Кеннана-младшего, посла США в СССР, сразу по окончании войны, в феврале 1946 г. На основе сложившейся в то время монополии США на атомное оружие появилась и «атомная дипломатия». А в 1949 г. президентом США Гарри Трумэном был утвержден печально известный план «Dropshot» нападения на СССР. В соответствии с этим планом начало войны планировалось после 1 января 1957 г. В 1949 г. американские стратеги считали, что к этому времени США будет иметь 300 ядерных зарядов и 840 бомбардировщиков для их доставки на территорию СССР. Правда, судя по всему, первоначально в качестве бомбардировщиков предполагалось тогда использовать законсервированные В-29, которые вскоре потерпели фиаско в корейской войне. В свою очередь, прогнозировалось, что СССР к этому времени ядерным оружием обладать не будет, а количество стратегических бомбардировщиков (по-видимому, Ту-4) не превзойдет 200 штук. Война тем не менее была на пороге. Автор этих строк прекрасно помнит, как всего через десять лет после окончания страшной войны с Германией в городах Советского Союза — потенциальных целях американского нападения — стали вновь, как в войну, вводить затемнения и объявлять учебные тревоги с тотальным выключением освещения. Начали строиться бомбоубежища, шла подготовка и так называемых ОРВП (отрядов розыска и выноса пострадавших), в которые привлекались школьники. Страшное дело!

Следовательно, приоритетом послевоенной внутренней политики СССР становится развитие оборонного комплекса, а с учетом недавнего военного опыта — развитие авиации как одного из (а в течение первых 20 лет после войны главного) факторов обеспечения обороноспособности (как в качестве носителя ядерного оружия, так и средства противовоздушной обороны). Единственным средством решения этой задачи является концентрация ограниченных ресурсов на стратегических направлениях. Если решение задачи создания ядерного оружия потребовало в первую очередь интеллектуальных ресурсов, то создание, по сути, нового авиапрома обошлось, кроме этого, и в огромные материальные затраты. Как мы видели из доклада Главкома ВВС маршала Новикова товарищу Сталину, к этому моменту мы сильно отстали от США в авиации.

Как же удалось решить три, казалось бы, неподъемные

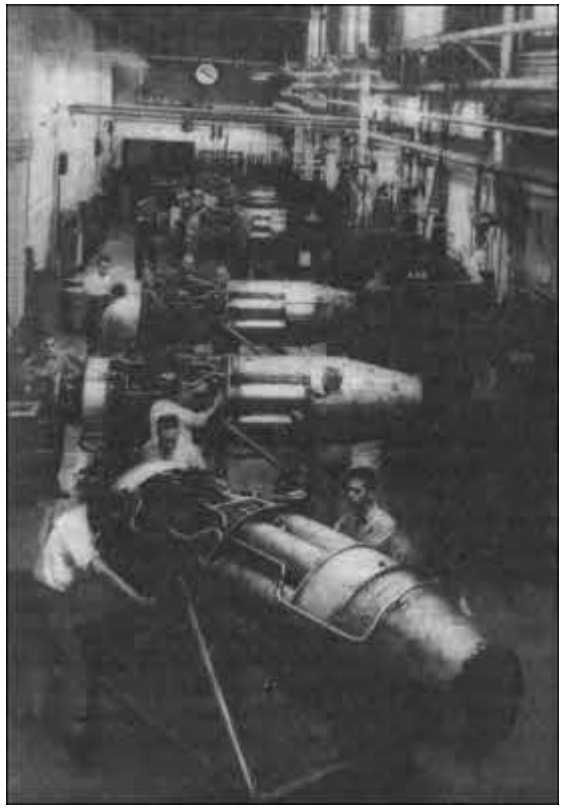
задачи: сохранить мир, восстановить страну и развить до передового технического уровня авиационную, ракетно-космическую и ядерную промышленность? Три источника: десять лет жесточайшей экономии потребления, действующие советская научная и инженерная школы и богатые немецкие трофеи. Вот уж поистине пришлось «затянуть пояса». Товаров народного потребления фактически не производилось, карточную систему распределения продуктов отменили с 1948 г., но это не значило, что в свободной продаже была, например, мука, которую продавали по нормам (по 3 кг в одни руки) только перед редкими праздниками. Очередь занимали с вечера. Люди в большинстве своем донашивали военное обмундирование и сохранившуюся с довоенных времен штатскую одежду, если она не была выменена на продовольствие во время войны. Жилищно-коммунальное хозяйство, что сейчас называется ЖКХ, находилось в плачевном состоянии — как тогда оно не развалилось, непонятно. Уже в 1980-е гг., когда это все лихолетье осталось позади, все еще доносились отголоски той жесточайшей экономии. Автор этих строк, будучи в командировке в Самаре в 1986 г., встретился там со старым другом, выпускником 1959 г. моторного факультета МАИ, который к этому времени уже стал секретарем горкома КПСС. Так он рассказывал, что на одной из ТЭЦ до сих пор работает старая корабельная турбина с немецкого крейсера, а в этой турбине уже порядочно недостает лопаток.

Оставляя в стороне ракетно-космическую и ядерную промышленность, мы рассмотрим, как развивалось в послевоенное время авиационное моторостроение. Прежде всего, эвакуированные во время войны моторные заводы остались на месте эвакуации: Воронежский № 16 — в Казани, Московский № 24 (им. Фрунзе) — в Самаре (Куйбышеве), Рыбинский № 26 — в Уфе, Запорожский № 29 (им. Баранова) — в Омске. Но на прежних площадках возникли «из ничего» новые «номерные» заводы: в Москве на площадке у метро «Семеновская» — № 45, в Тушино — № 500, в Рыбинске — № 36, в Запорожье — № 478. Откуда в разрушенной стране взялось оборудование для оснащения этих заводов? Из Германии, больше неоткуда. Всего из Германии в качестве репараций было демонтировано и вывезено в СССР 5,5 тысячи предприятий разного профиля [41]. Так, к примеру, возникло и знаменитое J10M0 (Ленинградское оптико-механическое объединение) на основе известной немецкой фирмы «Карл Цейсс — Йена». Перепало кое-что — и немало — и новым авиамоторным заводам.

Практическое удвоение промышленных мощностей авиамоторных заводов не было прихотью. В первой послевоенной

пятилетке 1946–1950 гг. нужно было полностью перевооружить ВВС новой техникой. Планировалось за пятилетку построить около 25 тыс. самолетов, в том числе 5 тыс. реактивных [41]. И самолетов, и моторов, и моторов современных, нужно было много. Не нужно забывать, что ресурсы тогдашних авиамоторов были небольшие — 100 часов. Заводы работали непрерывно, шесть дней в неделю в три смены. Тогда суббота была еще рабочим днем. Днем и ночью шли приемо-сдаточные испытания моторов, работавших без всякого шумоглушения. Те, кто жил неподалеку, летом редко открывали окна — гул стоял страшенный. Особенно доставалось тем, кто жил в домах прямо напротив испытательных станций. Был и фольклор на эту тему: «гудит родной завод, как улей, анам-то х…ли».

В США ситуация была такая же — моторы пекли, как пироги. Единственно, что третьей смены, вероятно, не было. Иллюстрацией этого интенсивного производства в США служит фотография одновременной подготовки к сдаточным испытаниям пяти реактивных двигателей J-35-GE на пяти рядом расположенных стендах — продукции завода за одну рабочую смену. Картина сильно напоминает брейгелевскую «Крестьянскую свадьбу» («Bauernhochzeit») с разноской кушаний.



Массовое производство первых реактивных двигателей в США. в 1940-е гг. Подготовка к сдаточным испытаниям

Дислокация советских конструкторских бюро тоже изменилась после войны. Главные конструкторы, те, кто побойчее, попытались выйти из стесняющей их действия орбиты серийных заводов, создав собственную опытно-производственную базу и всеми силами перебраться в столицу. Все-таки функции серийного завода и ОКБ сильно отличались: загрузить серийный завод опытными разработками удавалось с большим трудом. Заслуженное КБ В. Я. Климова обратно из Уфы в Рыбинск не вернулось, оно получило обозначение ОКБ-117 и, переместившись в Ленинград, занялось турбореактивной тематикой. Известное КБ Микулина, получившее обозначение ОКБ-300, тоже переехало из самарской эвакуации, обосновавшись в Москве на новой площадке вблизи Лужников. Возникли и новые конструкторские бюро, которые в скором времени займут передовые позиции в турбореактивной технике. Это прежде всего А. М. Люлька

(ОКБ-165) и выходец из климовского ОКБ Н. Д. Кузнецов (госзавод № 2). В Запорожье вернулся (уже как главный конструктор) в 1945 г. уехавший с заводом в эвакуацию (г. Омск) А. Г. Ивченко. Там он занимался сопровождением серийного производства запорожского мотора М-88 и швецовского АШ-62ФН. Последнее время он был заместителем Швецова на омском заводе.

Все эти КБ создадут новые турбореактивные двигатели, ставшие хорошо известными своими персональными «брендами»: ВК (Валерий Климов), АМ (Александр Микулин), АЛ (Архип Люлька), ВД (Владимир Добрынин), НК (Николай Кузнецов), АИ (Александр Ивченко). В конце 1980-х к этим маркам двигателей «отцов-основателей» моторных КБ добавится последняя — ПС (Павел Соловьев). Это единственный случай, когда персональные инициалы преемника, а не основателя ОКБ-19 (Аркадия Швецова) войдут в марку двигателя. И обусловлено это будет признанием заслуг П. А. Соловьева в разработке турбореактивных двигателей.

И здесь нужно сказать несколько слов о том, в чем же заключается функция главного конструктора двигателей. Безусловно, двигатель является продуктом коллективного труда множества специалистов. Но есть вопросы и решения, прерогатива которых находится в компетенции главного конструктора и никого более. Главный конструктор определяет облик будущего двигателя: размерность, газодинамическую схему и уровень предельных параметров. Эти параметры главный конструктор выбирает исходя из своих представлений о двух взаимно противоречивых требованиях: перспективности будущего двигателя и степени риска его создания за ограниченное время. Очевидно, что чем перспективнее проектируемый двигатель, тем больше степень риска его создания к сроку. И наоборот, чем меньше риски создания двигателя, тем менее перспективным он будет. Никакая теория не может дать здесь решение — все полностью зависит от интуиции, опыта главного конструктора. Успехи и провалы, которыми усеян путь авиационного моторостроения, обусловлены как раз оказавшимися верными или неверными оценками соотношения перспективности и риска.

Социальный статус генеральных конструкторов двигателей был велик: они назначались и освобождались от работы по постановлению ЦК КПСС, а не простым приказом министра. Благодаря этому статусу генеральные конструкторы были относительно независимы, имели прямую телефонную связь с оборонным отделом ЦК, руководством Минобороны и ВВС. В бытность, когда министром обороны был влиятельный член Политбюро Д. Ф. Устинов (в просторечии «дядя Дима»),

генеральный конструктор мог обращаться к нему напрямую. Формально подчиняясь министру, генеральные конструкторы находились на одном с ним уровне.

В чем же количественно выражается перспективность авиационного двигателя? Коэффициент полезного действия, т. е. степень преобразования хаотического движения молекул (тепло) в упорядоченное (работу), выражается в виде термического кпд

$$\eta = 1 - \frac{T_{MIN}}{T_{MAX}}$$

для идеального термодинамического цикла Карно. Здесь минимальная температура рабочего тела — это температура окружающей среды, а максимальная температура — это максимальная температура газа в начале расширения, т. е., перед турбиной. Таким образом, главный параметр, отражающий технический прогресс в газотурбостроении, — это уровень температуры газа перед турбиной. Здесь температура отсчитывается по термодинамической шкале, где за 0 принят уровень -273 градуса Цельсия. Смысл этой шкалы заключается в том, чтобы исключить отрицательные значения температур, неудобные для термодинамических вычислений. Из выражения кпд теплового двигателя видно, что даже в случае отсутствия потерь, например, на трение, идеальный кпд никогда не достигает 1, т. е. 100 %.

Так, при $T_{маж} = 1800К$ и $T_{min} = 288К$ (что соответствует +15 град. Цельсия) кпд двигателя составит только 84 %. То есть 16 % располагаемой внутренней энергии в работу превратить не удается из-за остающегося непревращенным в работу хаотического движения молекул при $T = 288К$. Если же учесть все потери работы, превращающейся в тепло в процессе преобразования энергии, т. е. потери на трение газа о поверхность лопаток, недоиспользование тепла в пределах габаритов двигателя (выхлоп в атмосферу с повышенной температурой) и т. п., то уровень кпд реального газотурбинного двигателя составит 40 %. Это — если мы используем газотурбинный двигатель в качестве привода, например, электрогенератора. Если же газовая турбина применяется на самолете, то полученную в термодинамическом цикле

преобразования тепла работу необходимо еще превратить в тяговую мощность.

Здесь мы тоже не можем осуществить процесс преобразования со 100 % кпд. Этот вид кпд носит название тягового, или полетного, и выражается в виде:

$$\eta = \frac{2}{1 + W/V},$$

где W — скорость истечения газов из сопла двигателя, а V — скорость полета самолета. Как видно из выражения полетного кпд, он может быть равен 1, или 100 %, при условии равенства скорости истечения и скорости полета. Но это невозможно, так как тяга двигателя по закону Ньютона

$$F = ma, \text{ или } F = m\frac{\Delta V}{\Delta t}$$

равна разности выходного и входного импульса, т. е. пропорциональна секундной массе рабочего тела через двигатель, умноженной на приращение скорости рабочего тела в двигателе. Собственно, работа, полученная при преобразовании тепла в двигателе, как раз и идет на приращение скорости рабочего тела. Таким образом, стремясь к максимальному полетному кпд (т. е. W(V), мы должны компенсировать уменьшение тяги двигателя (из-за уменьшения прироста скорости) увеличением секундной массы рабочего тела. В реальном двигателе — это увеличение размеров (диаметра компрессора, а следовательно, и двигателя).

Двигаясь по шкале значений W/V в сторону уменьшения, начиная с некоторого значения, меньшего W/V, которое мы назовем оптимальным, прирост полетного кпд не компенсирует роста внешнего сопротивления мотогондолы за счет трения из-за увеличения поверхности обтекания. Таким образом, существует оптимальное значение W/V, не равное 1, и, следовательно, полетный кпд реального (с учетом внешнего сопротивления) тоже не равен 100 %. В зависимости от режима обтекания мотогондолы (ламинарный или турбулентный) оптимальное значение W/V составляет 1,5–2,0. Таким образом, реальный полетный кпд

турбореактивного двигателя составляет 0,67—0,8. Соответственно полный кпд турбореактивного двигателя (степень преобразования тепла в тяговую мощность), равный произведению этих двух (термического и полетного) кпд, составляет около 30 %.

Из этих простых соотношений следуют два важных вывода.

Во-первых, полетный кпд двигателя можно повысить, если убрать мотогондолу и тем самым уменьшить внешнее сопротивление. Это можно сделать, заменив способ генерации прироста скорости рабочего тела — вместо преобразования работы в скорость истечения на сопле поставить турбину с передачей мощности на винт. Очевидно, что на дозвуковых скоростях, где отсутствует волновое сопротивление, внешнее сопротивление винта будет существенно меньше в сравнении с мотогондолой просто из-за меньшей площади обтекаемой поверхности. Понятно, что уменьшение прироста скорости рабочего тела на винте, дающее увеличение полетного кпд, придется компенсировать увеличением размера винта (в сравнении с мотогондолой), что мы и наблюдаем в действительности. Но и в этом случае мы имеем некоторое оптимальное значение прироста скорости и соответственно полетного кпд. Только на этот раз ограничение настает при движении в сторону уменьшения по шкале W/V по весовым характеристикам: начиная с некоторого значения W/V прирост массы (веса) винтовой группы вместе с редуктором, шумоглушением и поддерживающим самолетным пилоном начинает перевешивать выигрыш в топливной экономичности за счет увеличения полетного кпд. То есть и в случае турбовинтового двигателя мы тоже не можем достичь полетного кпд 100 %.

Во-вторых, стремление увеличить термический кпд за счет повышения температуры входит в коллизию со стремлением увеличить полетный кпд. В самом деле, увеличение термического кпд — это суть увеличение свободной работы на выходе из двигателя, которую мы можем превратить либо прямо в кинетическую энергию струи газа (скорость истечения), либо в полезную мощность на валу турбины. Правда, предварительно необходимо превратить эту свободную работу тоже в кинетическую энергию (скорость истечения) в сопловом аппарате, с последующим преобразованием скорости в мощность посредством ее разворота в лопатках турбины.

Но поскольку оптимальное отношение W/V определяется оптимальным значением полетного кпд, то увеличение термического кпд и, значит, скорости истечения приведет к

отклонению от оптимального значения W/V, и чем больше, тем дальше. Что же делать? И вот здесь на сцену выходят двухконтурные (или турбовентиляторные) двигатели. Пока температура газа перед турбиной была низкой и соответственно низким был и термический кпд (меньше 30 % — английский двигатель Avon), проблемы согласования термического и полетного кпд не возникало. Примерно достигался желаемый оптимум. Однако с увеличением температуры газа перед турбиной эта проблема стала во весь рост. Решение было найдено в схеме двухконтурного двигателя с двумя концентрическими соплами: во внутреннем контуре двухконтурного двигателя оставляется только та часть работы, которая необходима для расширения газа до оптимальной (с точки зрения полетного кпд) скорости. Оказавшаяся излишней часть работы срабатывается на турбине, которая приводит компрессор (вентилятор), сжимающий дополнительную массу воздуха в наружном контуре. Этот воздух далее расширяется в наружном сопле тоже с оптимальной (такой же, как и во внутреннем контуре) скоростью. В зависимости от располагаемой излишней мощности внутреннего контура может быть выбрана оптимальной степень двухконтурности, т. е. отношение расхода через наружный контур к расходу воздуха через внутренний контур.

Так решается противоречие, или коллизия, между оптимальными значениями термического и полетного кпд. Очевидно, что чем выше температура газа перед турбиной, тем выше степень двухконтурности двигателя. Интересно, что первый в мире двухконтурный двигатель в «железе» сделали немцы (доктор Лейст), когда никакой технической необходимости в этом не было. Уровень температуры газа перед турбиной тогда был низкий.

За пятьдесят лет развития авиационных двигателей температура газа перед турбиной увеличилась от Т = 900К до 1800К, т. е. почти на 200 градусов каждые десять лет. А степень двухконтурности двигателей дозвуковых самолетов увеличилась от 0 до более 10. Ниже в таблице представлены некоторые замечательные образцы двухконтурных двигателей, иллюстрирующие тенденцию увеличения степени двухконтурности для двигателей дозвуковых самолетов. А именно: первый двухконтурный двигатель в мире (DB. 109–007, Германия), первый серийный двухконтурный двигатель в мире («Конуэй», «Роллс-Ройс», Англия), самый массовый двухконтурный двигатель в мире (JT8D, «Пратт-Уитни», налет 600 млн часов), советский двухконтурный двигатель с оптимальной степенью двухконтурности для того уровня

температуры газа (Д-30КУ, ОКБ Соловьева), трехвальный двигатель с «повышенной» степенью двухконтурности, первый в ряду таких двигателей (RB.211, «Роллс-Ройс»), двигатель со «сверхвысокой степенью двухконтурности и редукторным приводом винто-вентилятора (НК-93, ОКБ Кузнецова). Отдельно необходимо отметить самый большой двухконтурный двигатель в мире разработки фирмы «Дженерал Электрик» GE90 (1993 г.). Этот «сорокатонник» (по тяге) имеет вентилятор (22 лопатки) диаметром 3,124 м и степень двухконтурности, равную 8,5. Этот мотор — шедевр инженерной мысли устанавливается на двухдвигательный дальнемагистральный «Боинг-777», летающий через океаны. Хотя, надо отметить (по личному опыту автора этих строк), что В777, пришедший на замену четырехдвигательного В747, не смог превзойти этот лайнер по удобству пассажирского салона. На взгляд автора, В747 остался непревзойденным по удобству дальнемагистральным самолетом.

Год	1943	1958	1964	1971	1972	1993	2000
мотор	DB.109-007 (ZTL)	Конуэй RCo.12 RCo.42	JT8D Pratt& Whitney	Д30КУ	RB.211 Rolls Royce	GE90	НК-93
Страна	Германия	Англия	США	СССР	Англия	США	СССР
Степень двухконтурности	2,4	0,3—0,6	1,0	2,3	4,5	8,5	16,6

Вообще схема двухконтурного двигателя с точки зрения термодинамики является парадоксальной, или инновационной: ведь по всем правилам преобразования тепла в работу необходимо осуществить последовательно процессы сжатия рабочего тела (повышения давления), затем подвод тепла (горением или теплообменом) и, наконец, расширение (превращение в скорость, или кинетическую энергию). Только в этом случае за счет разницы температур в начале сжатия и расширения рабочего тела мы получаем прирост скорости, а следовательно, и механической работы. И первые проекты, и даже двигатели (НК-6, Д-20) выполнялись именно по этой схеме. Но на практике оказалось, что устойчивое горение организовать в «холодном» наружном контуре сложно, и от этого отказались в пользу общей (на оба контура) форсажной камеры для двигателей сверхзвуковых самолетов.

В нашем же случае двухконтурных двигателей для дозвуковых самолетов в наружном контуре происходит только

сжатие (за счет подвода работы из внутреннего контура) и расширение. То есть с точки зрения термодинамики двигателя (преобразование тепла в работу) это — чистые потери. Выигрыш, точнее, зона оптимальности применения этой схемы, появляется только тогда, когда мы рассматриваем систему в целом вместе с движителем, т. е. преобразователем кинетической энергии двигателя в тяговую мощность с учетом внешнего сопротивления и массы силовой установки.

В двигателях для сверхзвуковых самолетов степень двухконтурности тоже увеличилась, хотя и не так сильно: от 0 до 0,5. И это понятно: высокая скорость полета требует высокой скорости истечения, которая может быть обеспечена сочетанием высокой температуры (постановка форкамеры) и максимально возможной степенью расширения. А для обеспечения последней (скорости истечения) передавать энергию во второй контур нецелесообразно.

Уровень максимальной температуры ограничивается в первую очередь прочностными свойствами конструкционных материалов и эффективностью охлаждения горячих деталей (в первую очередь лопаток турбины), а также теплотворной способностью топлива. Так, для жаропрочных никелевых сплавов монокристаллической структуры, широко применяемых в газовых турбинах, допустимый максимальный уровень температуры лопаток составляет 1150 градусов Цельсия (1423К), а максимальная температура пламени типичного углеводородного топлива (метан, авиационный керосин) составляет 2500К.

В тени фигуры А. Микулина, умело «пиарившего» (как сейчас бы сказали) самого себя в глазах «хозяина», т. е. Сталина, остались выдающиеся конструкторы авиационных двигателей В. А. Добрынин, С. К. Туманский и П. Ф. Зубец. Добрынин, вовремя уйдя из-под опеки Микулина, сумел оставить след в истории моторостроения, дав свои инициалы как поршневым, так и турбореактивным моторам. А вот Туманскому и Зубцу в этом смысле не повезло. Туманский, являясь, по сути, главным конструктором послевоенных турбореактивных двигателей ОКБ-300, не вошел в историю в той степени, в какой заслужил. Да и о Добрынине тоже мало пишут — талантливый конструктор был скромным и интеллигентным человеком.

Как мы видим, после войны произошло изменение в расположении моторных ОКБ. Если до войны ОКБ строго располагались на площадках серийных заводов, то после войны такая привязка перестала быть правилом. Ведущие ОКБ Климова, Микулина, Кузнецова, Люльки вместе с опытным производством географически отделились от серийных заводов. Этот процесс

начался еще в войну. Первым осознал представившуюся возможность выбора удобной производственной площадки для будущего КБ и не где-нибудь в Рыбинске, а в самой Москве, Александр Микулин. Еще в 1942 г. он сумел убедить Сталина при личной с ним встрече в необходимости отделения ОКБ от серийных заводов и создания при КБ мощного опытного производства. Это был правильный шаг: современному моторному ОКБ, занимающемуся созданием сложных двигателей, собственное мощное производство необходимо. Приходится изготавливать и испытывать множество вариантов конструкций. В эвакуированной Москве осталось много практически опустевших производственных площадок, числящихся за НКАП. Так, на базе одного из небольших заводов в Лужниках в 1943 г. возникло ОКБ-300, ставшее в 1950-е гг. самым именитым в Советском Союзе.

В начале 1950-х двигатели разработки ОКБ-300 делались на серийных заводах в Тушино, Казани, Уфе и Перми. Микулину удалось сделать самое главное — собрать команду профессионалов и оснастить материальную базу новорожденного ОКБ. Здесь работали такие известные люди, как Б. С. Стечкин, С. К. Туманский, П. Ф. Зубец («Прокоп», как его звали коллеги). Борис Сергеевич Стечкин, выпускник МВТУ 1918 г., является главным отечественным теоретиком воздушно-реактивных двигателей. По его учебникам (два тома выпущены в 1956 г. и 1958 г.) училось не одно поколение авиационных инженеров. По влиянию на формирование отечественной школы проектирования авиационных турбореактивных двигателей он стоит в одном ряду с Н. Р. Брилингом, основателем школы проектирования поршневых двигателей. Судьба сводила их вместе. Как вспоминает ученик Б. С. Стечкина — А. Н. Огуречников, впоследствии руководитель отдела прочности завода № 300, один из выдающихся ученых-прочнистов:

«Я впервые увидел Бориса Сергеевича в 1930 г. В комнату со стеклянными перегородками, в которой я работал конструктором бюро главного металлурга Рыбинского авиационного завода, вошел главный металлург Ефрем Ильич Липский, который, обратившись ко мне, сказал: «Алексей, видишь вот тех троих, стоящих в лаборатории механических испытаний у пресса, так двое из них, а может, и все трое — гениальные люди. На мой вопрос: «Кто же они, осчастливившие нас своим присутствием?» — Е. И. Липский ответил: «Вот этот — Борис Сергеевич Стечкин, рядом с ним Александр Александрович Микулин, а следующий — Николай Романович Брилинг» (*Берне, с. 117*).

Б. С. Стечкин, в частности, предложил успешно

осуществленную в двигателе Р11-300 схему двухвального компрессора. Не нужно забывать, что то время требовало существенно больших интеллектуальных усилий для понимания процессов, происходящих в турбореактивных двигателях. Математических моделей двигателей в современном смысле тогда не было, не было и того, сегодня огромного, накопленного опыта заблуждений, ошибок и… успехов.

Чуть позже, в 1959 г., фундаментальное исследование термодинамики новых тогда двухконтурных турбореактивных двигателей провел и опубликовал А. Л. Клячкин, признанный специалист в этой области, профессор РКВВИУ (Рижское Краснознаменное военно-воздушное инженерное училище), позже преобразованного в РИИГА (Рижский институт инженеров гражданской авиации). И Рижский, и Киевский институты инженеров гражданской авиации были сильными учебными заведениями, кадры для Аэрофлота готовились там хорошо. Автор этих строк как раз в это время учился в вузе и уже изучал только что опубликованную теорию двухконтурных двигателей. Когда же он пришел на работу в ОКБ Соловьева в начале 1964 г., то удивился, что при проектировании, по сути, нового двигателя Д-30 выбрана «неоптимальная» степень двухконтурности (1). Уже тогда казалось, что надо бы ее повысить до 1,5. Позже и англичане, и американцы переделали свои первые двухконтурные двигатели именно в этом направлении.

Но вернемся к структурированию моторной части авиапрома. Как известно, «свято место пусто не бывает». На функционально освободившихся площадках серийных заводов постепенно выросли новые, хотя и менее известные опытно-конструкторские бюро. Вначале эти бюро занимались конструкторским сопровождением серийного производства разработок более именитых КБ, являясь их филиалами, а затем постепенно стали выполнять и функции разработчиков. Благо номенклатура разрабатываемых двигателей была огромна как по назначению, так и по размерности. Так появились ОКБ Хачатурова в Тушино (завод № 500), Сорокина в Уфе (завод № 26), Лусса в Москве на Семеновской (завод № 45), Глушенкова в Омске (завод № 29), Зубца в Казани (завод № 16). В результате опытно-конструкторских бюро стало больше, чем серийных заводов, и началась конкуренция за серийные мощности. Ситуацию «разруливали» в Министерстве авиационной промышленности, но сложились и «группы влияния» — система управления была достаточно сложной. На выбор двигателя решающее влияние оказывали самолетные КБ и, в первую очередь генеральные конструкторы самолетов. И здесь многое определяли личные

отношения, верования и т. п. психологические факторы.

После войны основными игроками в авиационном моторостроении стали США, СССР и Великобритания. Причем Великобритания уже имела сложившуюся школу конструирования турбореактивной техники, а в США и СССР только предстояло ее создать. Таким образом, именно Великобритания (фирмы «Роллс-Ройс», «Бристоль» и «Армстронг-Сиддли») шла впереди. Парадокс, но к моменту «войны моторов» на турбореактивном поле позиции главных геополитических соперников США и СССР были почти одинаковы — стартовали они от нуля с разницей в пять лет. Если до войны в США в поршневом авиамоторостроении доминировали фирмы «Кертис-Райт» и «Пратт-Уитни», то с наступлением эры воздушно-реактивных двигателей ситуация изменилась. «Кертис-Райт» долго сопротивлялась, но не смогла адаптироваться к изменившимся условиям и вскоре сошла со сцены. Но зато появилось мощное моторное отделение фирмы «Дженерал Электрик», доселе не участвовавшее в этом бизнесе в качестве основного игрока.

«Дженерал Электрик», фирма, созданная еще Томасом Эдисоном, в начале XX века занималась в том числе и разработкой стационарных турбин для привода электрогенераторов. В 1930-е гг. ее опыт в разработке турбин пригодился при создании турбокомпрессоров наддува авиационных моторов. Большую роль в этом сыграл инженер Сэнфорд Мосс (Sanford Moss). Большая потребность в турбокомпрессорах наддува привела к расширению производственной базы «Дженерал Электрик» — ее продукция производилась на заводах в четырех штатах. Таким образом, к моменту начала инновационной волны развития турбореактивных двигателей «Дженерал Электрик» оказалась наиболее подготовленной в США. В мощном старте и последующем быстром развитии этой фирмы явным образом виден и немецкий след («БМВ»). В этом смысле советским аналогом американской «Дженерал Электрик» является также возникшее после войны ОКБ Н. Д. Кузнецова, ставшее со временем самым мощным КБ в Советском Союзе.

И здесь, как и в случае с «Дженерал Электрик», определяющим фактором развития ОКБ Н. Д. Кузнецова стало немецкое наследие, причем не только и не столько в виде материальных носителей (чертежи, узлы моторов), сколько в носителях знаний. Первоначально налаживание серийного производства трофейных немецких аналогов Юмо 109–004 (РД-10) в Уфе поручили В. Я. Климову. Но когда появилась

возможность приобрести и наладить серийное производство английского, более совершенного двигателя, то В. Я. Климов уехал в Великобританию за «Нином» в 1946 г., а затем и перебрался с ним в Ленинград. Вскоре под его крыло попали заводы № 45 и № 500, где начали производство английских двигателей под советскими индексами РД (соответственно РД-45 и РД-500). В Уфе за Климова остался Н. Д. Кузнецов. Лавочкин тоже перебрался в Москву, а его самолетное ОКБ-21 в Нижнем Новгороде (тогда г. Горький) также было расформировано.

Вскоре (1946 г.) постановлением Правительства на площадках номерных заводов были организованы новые Государственные заводы — № 1 (в Подберезье на границе Московской и Тверской области) и № 2 (Самара), целью которых было освоение немецкого наследия фирмы «Юнкерс» (инновационный по тому времени самолет с крылом обратной стреловидности Ю-287 с турбореактивными двигателями «Юмо» 109–012 и турбовинтовой двигатель «БМВ» 109–028). Самолетное КБ (Госзавод № 1) возглавил заместитель Лавочкина С. М. Алексеев, а моторное КБ (Госзавод № 2) — Н. М. Олехнович. После закрытия ОКБ-26 в Уфе в 1949 г. руководителем госзавода № 2 становится заместитель В. Я. Климова и не менее в будущем знаменитый Н. Д. Кузнецов. А на госзаводе № 1 работал, в частности, технический директор фирмы «Юнкерс» Брунольф Бааде. Летчики-испытатели тоже были немцы.

Так и на берегу Волги под Самарой возник поселок Управленческий, куда было переведено, по сути, немецкое конструкторское бюро с фирмы «Юнкерс Моторен» из Дессау и Бернберга: ни много ни мало 400 инженеров и столько же квалифицированных рабочих. Полноценное КБ! Город Дессау, центр фирмы «Юнкерс», расположенный недалеко от Лейпцига, попал под советскую зону оккупации.

Главный конструктор ОКБ Н. Д. Кузнецов был выходцем (с 1938 г.) из Военно-воздушной инженерной академии им. проф. Н. Е. Жуковского, «генерал», как его позже называли. В свое время, будучи на фронте в 1942 г. в должности старшего инженера 39-й ИАД, он «познакомился» с всесильным Г. М. Маленковым. Как это произошло? События нетрудно реконструировать. Как правило, Маленков выезжал на фронт в качестве председателя комиссии ЦК для разборки крупных неприятностей (в частности, после известной битвы под Прохоровкой или неудачного наступления Западного фронта в Белоруссии зимой 1943/44 г.). Очевидно, что и этот выезд преследовал подобную цель. По-видимому, одним из факторов военной неудачи явилась плохая боеготовность авиации.

Докладывать пришлось Н. Д. Кузнецову, который убедительно «перевел стрелки» на моторный завод в Уфе, поставлявший дефектные моторы. Маленков еще до войны курировал авиапром и поэтому принял простое решение — направить грамотного военного инженера Н. Д. Кузнецова парторгом ЦК в ОКБ-26 в Уфу для исправления положения. Как говорится, ему и «карты — в руки».

Как говорят, Н. Д. Кузнецов, будучи уже генерал-лейтенантом, надевал мундир, когда надо было ходить по высокому начальству. Вообще в СССР среди главных конструкторов-мотористов было всего пять генералов авиационной инженерной службы: генерал-майор А. А. Микулин, генерал-майор В. Я. Климов, генерал-майор А. Д. Ча-ромский, генерал-лейтенант А. Д. Швецов и уже упомянутый генерал-лейтенант Н. Д. Кузнецов. Оставшись единственным (в 1960-е гг.) действующим генералом, он и получил это персональное прозвище. За время освоения двигателя 109–004 в Уфе он хорошо познакомился с немецкой техникой. На новом же месте в Управленческом начали новый проект из заделов того же «Юнкерс Моторен» и «БМВ».

Основой разработок советских турбовинтовых двигателей стал немецкий проект «Юмо» 109–022, получивший обозначение ТВ-2, и имевшаяся информация по проекту большого турбовинтового «БМВ» 109–028, а «главными конструкторами» — доктор Шойбе (Scheibe) с «Юнкерса» (ОКБ-1) и доктор Престель (ОКБ-2) с «БМВ». Позже объединенное КБ возглавил австриец доктор Фердинанд Браннер. Как мы помним, талантливого конструктора немца Мюллера на проекте «Юмо»109–004 заменил австриец Ансельм Франц — почему-то руководство «Юнкерса» предпочитало австрийцев, возможно, из-за оппозиции нацистской идеологии. Здесь же в Управленческом была создана мощная материальная база для разработки двигателей: опытное производство, лабораторная база и испытательные стенды.

Интересна и трансформация системы названий авиационных двигателей. В Великобритании и США после войны почти исчезают «агрессивные», можно сказать, романтические названия моторов типа холодного оружия («Сабля», «Рапира», «Кинжал», как реликт после войны остался только турбовинтовой двигатель Dart — «Копье»), хищных животных («Лев», «Пума») и птиц («Ястреб», «Кондор» и т. п.), жалящих насекомых («Оса», «Шершень»). Вместо них вводится система «нейтральных» названий — в Великобритании на фирме «Роллс-Ройс» по именам шотландских рек (Avon, Conway, Spey, Tay и т. п.), а на Бристоле выбрали мифологические, античные наименования («Орфей»,

«Протей», «Олимп», «Пегас», «Кентавр», «Геркулес»). Названия «хищников» (почему-то змей) сохранились только на фирме «Армстронг-Сиддли», разрабатывавшей турбовинтовые двигатели «Мамба», «Питон», «Гадюка» («Viper»). Как известно, в долине шотландской реки Спей (Speyside) находится производство знаменитого односолодового шотландского виски. Обозначения газотурбинных двигателей разработки «Роллс-Ройс» начинались и с использованием индекса RB (например, тот же Spey имел и обозначение RB.163, а также другие двигатели — RB. 199, RB.211), что означало «Rolls-Royce Barnoldswick» по первоначальному (в 1942 г.) месту расположения КБ газотурбинных двигателей в северном Ланкашире.

А в США переходят, по сути, на немецкую систему обозначений, и это неслучайно — по сути, во главе американских моторных фирм стояли немцы. В довоенной Германии никогда не увлекались названиями моторов, предпочитая использовать инициалы фирмы-разработчика (DB, BMW) с порядковым числовым номером. В США вместо привычных индексов поршневых моторов, обозначающих схему расположения цилиндров (R и V) и величину объема цилиндров в кубических дюймах, для турбореактивных двигателей вводятся обозначения «J» (т. е. jet-реактивный) с числовым порядковым индексом и инициалами фирмы-разработчика (Pratt & Whittney, Westinghouse, General Electric, Wright). Например, первые американские реактивные двигатели имели индексы J-30-PW, J-30-WE («Yankee» — «Янки»), J-31-GE. Потом появились и ставшие широко известными J-47, J-57, J-58, J-75, J-79, J-85, J-93 и т. п. Кстати, последней разработкой некогда успешной фирмы «Райт» был турбореактивный двигатель с осевым компрессором J-65-W для самолета-истребителя F-84.

Соответственно двухконтурные, или, иначе, турбовентиляторные, двигатели военного назначения получили обозначения «TF» (т. е. «turbo-fan» — турбовентиляторный): известные TF-30, TF-33, TF-39, TF-41 и т. п. Турбовальные (вертолетные) двигатели обозначались индексом «T» с соответствующим числовым индексом (T-56, T-64 и т. п.). В новейшее время двигатели гражданского назначения имеют «немецкую» систему обозначения по инициалам фирмы: PW (Pratt-Whitney), GE (General Electric) с четырехзначным числовым обозначением. Первые две цифры обозначают номер серии, а вторые — уровень тяги в тысячах фунтов (PW.2037, т. е. серия 2000, тяга —37 тыс. фунтов, PW.4084H т. п.). Как уже, наверное, заметил читатель, количество разрабатываемых новых типов реактивных двигателей было очень велико. Это и неудивительно

в первой фазе бурного роста инновационной волны. К1970 г. ситуация изменится: многие игроки сойдут со сцены, произойдет удорожание разработок, потребуется кооперация в разработке инноваций в отдельных узлах. Сегодня разработка каждого нового двигателя — это событие.

Американские двигатели военного назначения с начала 1970-х гг. стали обозначаться однотипно индексом «F», начиная от F100 (для самолета F-15 «Eagle» — «Орел») и далее по порядку. Сегодня самый современный двигатель, стоящий на самолете Р-22(«Рэптор»), имеет индекс F119-PW. В общем, несмотря на попытки упорядочить классификацию разрабатываемых в США двигателей, полной прозрачности добиться не удалось — при смене поколения бюрократов система обозначений менялась тоже. Как известно, придумывать название — самый приятный и легкий процесс.

Количество разработанных в мире турбореактивных двигателей и их модификаций необозримо. Описывать все это многообразие — задача архивиста или музейщика авиационной техники. Можно бесконечно бродить по лабиринту двигателей и их модификаций, составляя из них причудливые «пазлы». Автор не ставит перед собой такой задачи, выше кратко демонстрируя только свое знакомство с предметом. Мы выберем только те несколько, можно сказать знаменитых, двигателей, которые определили вехи развития турбореактивной техники и, что важно, реально либо готовились принять участие, либо участвовали в «войне моторов» по обе стороны противостояния.

Главной проблемой выживания для КБ в Советском Союзе всегда являлся недостаточный объем серийного производства. Поскольку любой серийный завод министерством (тогдашнее министерство, — по сути, огромный концерн по современной терминологии) всегда загружался полностью, то недостаточная серия грозила вытеснением будущих разработок КБ с завода и в перспективе вообще закрытием КБ. Так временно произошло, например, с Омским КБ, созданным в войну на базе эвакуированного Запорожского (сего двигателем М-88), ставшим в одно время филиалом Пермского в эпоху поршневой техники, затем получившим самостоятельность, а позже закрытым. В новейшее время после окончания «холодной» войны такая же судьба постигла некогда знаменитое «микулинское» ОКБ-300.

Битва за серийные заводы была главной целью разработчиков и самолетов, и двигателей в СССР. То есть «война моторов» происходила не только между геополитическими соперниками в лице США и СССР, но и внутри Министерства авиационной промышленности СССР. А на войне — как на войне: все средства

хороши. Именно победа в этой битве обеспечивала конкурентные преимущества: проигравший для возможного реванша должен был ждать окончания жизненного цикла какого-либо двигателя без гарантии выигрыша. Если учесть, что в моторном 3-м Главке числилось шесть основных, наиболее крупных моторных заводов (Тушино, Рыбинск, Казань, Пермь, Уфа, Запорожье), а конструкторских бюро было в два раза больше, то конкуренция между КБ за заказы была очень высокая. Директора заводов тоже придирчиво высматривали наиболее выгодные заказы: чем больше серия, тем лучше, военные заказы считались лучше гражданских (дороже и меньше последствий в случае авиационных катастроф) и тем самым могли влиять на выбор двигателя для постановки его на серийное производство.

Для устойчивой работы моторного КБ необходимо иметь рынок применения своих разработок на 4–5 типах объектов. Дело в том, что цикл разработки двигателя составляет 5–7 лет, а жизненный цикл — 25 лет. Следовательно, для непрерывной деятельности КБ, которая позволяет развиваться и сохранять конкурентоспособность, и нужны те самые 4–5 типов.

В СССР оригинальным разработчиком первого работающего советского турбореактивного двигателя был Архип Михайлович Люлька (1908–1983). Его творческая траектория была отличной от пути остальных известных конструкторов авиадвигателей. Он не занимался поршневой тематикой, а вышел из турбинного направления. Окончив Киевский политехнический институт, Люлька начал работать в Харькове, где сильна была турбинная инженерная школа. Затем его поддержал известный турбинист профессор МВТУ В. В. Уваров, одновременно преподававший в ВВИА им. Жуковского. В 1930-е гг. существовала идея применения паровых турбин на тяжелых бомбардировщиках КБ Туполева.

А. М. Люлька является автором патента СССР на двухконтурный двигатель (1937 г.), но до 1970-х гг. скептически относился к применению этой схемы на двигателях для сверхзвуковой авиации. Он еще до Великой Отечественной войны начал разрабатывать проект турбореактивного двигателя, не имея информации об уже развернутых работах в этом направлении в Англии и Германии. Поскольку авиационные КБ были заняты поршневой тематикой, то скромную конструкторскую базу под проект будущего первого турбореактивного двигателя С-18 (С-«самолетный») выделили в СКБ-1 Кировского завода в Ленинграде. После начала войны всех эвакуировали на Урал (Свердловск и Челябинск) вместе с Кировским заводом. На Урале, в Билимбае под Свердловском, А. М. Люльку «пригрел» профессор

Болховитинов, разработчик первого отечественного ракетного истребителя БИ-1 (Болховитинов — Исаев) и руководитель НИИ-3, бывшего РНИИ, ставшего позднее (1944 г.) НИИ-1 и, наконец, сегодня знаменитого НТЦ им. Келдыша. А. М. Исаев был конструктором ракетного двигателя для этого самолета, а позже стал руководителем успешного КБ, разрабатывавшего тормозные двигательные установки для космических ракет Королева.

После возвращения из эвакуации в 1944 г. под руководством Люльки создается отдел главного конструктора в ЦИАМе, вся документация и частично персонал КБ кочует вместе с главным конструктором. Но и здесь закрепиться не удается: в ЦИАМе газотурбинную тематику курирует В. В. Уваров со своим собственным проектом турбовинтового двигателя, и конкурент ему не нужен. Люлька со своим КБ перебазируется в уже знакомый ему по эвакуации и позднее ставший знаменитым в области ракетных исследований, а тогда только что образованный (точнее, восстановленный после репрессий 1937 г. РНИИ) научно-исследовательский институт реактивной техники НИИ-1.

Наконец, после долгих мытарств в эвакуации на площадке номерного завода № 165 вблизи Московской окружной железной дороги (недалеко от ВДНХ) обосновалось в Москве и ОКБ Люльки, ставшее ОКБ-165. Используя широкую производственную и научную кооперацию, Люльке удается весной 1945 г. собрать первый оригинальный отечественный турбореактивный двигатель С-18. Этот завод и станет в дальнейшем базой для люльковского ОКБ-165, позднее НПО «Сатурн».

Вот как описывает первый запуск первого отечественного турбореактивного двигателя участник этого события:

«Настал день первого запуска. Блестящий новым металлом сигарообразный двигатель установлен в специальном станке на качающейся раме, его реактивное сопло направлено в среднее окно. Наконец все готово к пуску. Раскрутить двигатель проектировали паром перекиси водорода. Генератор установили на улице, трубопровод с краном провели в помещение. Когда все было готово, налажены все приборы и все, кому положено, расставлены по своим местам, главный конструктор дал команду включить генератор пара. Генератор зашипел, пошел пар с водой, но двигатель не запускался. Тогда Э. Э. Лусс (один из ближайших сподвижников Люльки, будущий главный конструктор ОКБ на заводе № 45) предложил использовать 20-киловаттный мотор… Часам к семи вечера закончили всю подготовку. Включили рубильник на щитке направо от двери, и двигатель стал вращаться на малых оборотах. Включили следующую скорость, подали топливо и зажгли его паклей, намотанной на

металлический прут. Скорость вращения увеличилась. Электромотор выключили, но двигатель с шумом продолжал набирать обороты. Из-за вырывающихся языков пламени защитный кожух электромотора накалился докрасна. А из временного сопла диаметром около метра, как из жерла гигантской паяльной лампы, с сильным гудящим звуком вылетала голубовато-оранжевая струя пламени. Все смотрели как зачарованные на этот раскаленный вихрь. Вдруг потоком сорвало защитный кожух и обмотка электромотора загорелась. Двигатель остановили, выключив топливо. Горящую изоляцию быстро погасили — огнетушителей было приготовлено много… Впоследствии испытания С-18, а потом и ТР-1 проводились почти ежедневно. От рева двигателя звенели стекла в окрестных домах, иногда по неизвестной причине происходил взрыв, оставляя от компрессора груду искореженного железа — «салат из лопаток», а то и выстреливая отлетевшей деталью далеко за пределы «испыталки» (этот «салат» из лопаток будет часто повторяться при создании новых двигателей, в частности в 1967 г. при доводке двигателя Д-30КУ разработки КБ Соловьева в Перми. — А.В.). В обиход вошло новое слово «помпаж». От невыносимого оглушающего грохота страдали в первую очередь те, кто обслуживал испытания, — персонал стенда и прибористы. Даже занавесили окно принесенным из дома одеялом, но это мало помогало. Но А. М. Люлька жестко ответил: «Лучше сейчас терпите грохот, чем потом в вас стрелять будут» (Комаров Е.). Однако до шедевра, каким, несомненно, является двигатель АЛ-31Ф для Су-27 тогда было еще очень далеко.

Логика развития авиации проста и известна с 1930-х гг.: летать выше всех, дальше всех, быстрее всех (в наше время добавилось еще: незаметнее всех). В начале любой инновационной волны участвует множество игроков, предлагающих большое количество оригинальных технических решений: еще неизвестно, что окажется наиболее жизнеспособным. Со временем фирмы-неудачницы сходят с арены как по причине недостатка ресурсов, так и из-за ошибок в стратегии. Так, в течение двадцати лет после войны, по сути, исчезла английская авиапромышленность полного цикла. И некогда известная частная самолетостроительная фирма «Де-Хэвиленд» (первый реактивный пассажирский самолет «Комета»), и моторная «Бристоль-Сиддли» (уникальный двигатель «Пегас» для военного самолета вертикального взлета «Harrier» — «Гончая») прекратили свое существование как самостоятельные, несмотря на квалифицированный состав инженеров. Последней амбициозной попыткой Великобритании удержаться в ряду

авиационных держав был проект и опытный экземпляр ударного самолета TSR-2 (Tactical Strike-Reconnaissance), закрытый по финансовым соображениям в 1964 г. Позже и в ФРГ, и в Японии пытались возродить авиапром, разрабатывая оригинальные проекты, но… ресурсов не хватило. Сошла с арены как авиационная держава и некогда первенствующая Франция, сохранив за собой лишь нишевые продукты военной авиации (легкие истребители и вертолеты). Авиапром полного цикла (бомбардировщики, истребители, вертолеты, штурмовики, транспортные, пассажирские самолеты и специальные — танкеры, разведывательные, амфибии, учебно-тренировочные) сохранился только в США и СССР (России) в силу их глобального противостояния (так уж распорядилась история).

В 1980-е гг. в СССР работало 18 (!) самолетных и 5 вертолетных заводов. Вот дислокация авиазаводов: Москва (МиГ-29), Луховицы (Моск. обл.) (МиГ-29), Воронеж (Ил-86, Ил-96), Нижний Новгород (МиГ-31), Казань (Ту-160,Ту-214), Самара (Ту-154), Саратов (Як-42), Ульяновск (Ан-124, Ту-204), Смоленск (Як-42), Харьков (Ту-134), Тбилиси (Су-25), Ташкент (Ил-76), Новосибирск (Су-24, Су-34), Иркутск (Су-27), Улан-Удэ (Су-25), Комсомольск-на-Амуре (Су-27), Таганрог (Бе-200), Киев (Ан-70). Поэтому, несмотря на интересную и многообразную историю развития мировых авиации и моторостроения после войны, мы ограничимся только главными игроками и, кроме того, главными направлениями развития, задающими тон прогресса.

Какое же наследство в виде готовых изделий, документации, испытательного оборудования и, самое ценное, квалификации действующих инженеров получили от Германии США и СССР? Вместе с обширной документацией и частично уцелевшей оснасткой в руки советских инженеров попало 19 двигателей «Юмо» 109–004 и «БМВ» 109–003 [41]. Эти трофеи раздали для освоения: «Юмо» — в Уфу (ОКБ-26), а «БМВ» — в Казань (завод № 16). Советские аналоги этих двигателей получили обозначения РД-10 и РД-20. Кроме доставшихся по праву победителя трофейных двигателей, СССР закупил в Великобритании в 1946 г. несколько двигателей Nene и Derwent, но без лицензий на их изготовление. Nene тягой 5000 фунтов (2270 кг), первый запуск которого был осуществлен в 1944 г., был самым мощным двигателем того времени. Derwent был поменьше—3600 фунтов (1630 кг).

Но, как уже отмечалось ранее, мало иметь в руках «железо» для его воспроизведения. Надо было научиться «чувствовать» абсолютно новую технику, предугадывать возможные дефекты, понимать физику происходящих в турбореактивном двигателе

процессов. Любая сложная система живет «своей жизнью», по своим законам, которые надо научиться понимать. Инженерное знание, воплощенное в готовом «железе», покоится на огромной пирамиде опыта неудачных вариантов, дефектов, ошибок и прочего, подчас не содержащегося ни в одном документе. Опытный инженер просто «знает», что так делать нельзя, а этак — можно. Решения же при неполной информации приходится принимать на каждом шагу.

Прежде всего, надо знать возможные «родовые» наиболее серьезные дефекты турбореактивного двигателя так же, как раньше поршневого. Эти дефекты могут проявиться на любом двигателе, так как они обусловлены природой авиационного турбореактивного двигателя. Автоколебания лопаток компрессора, автоколебания потока воздуха в компрессоре («помпаж»), титановый пожар и усталостное разрушение дисков турбокомпрессора — вот «джентльменский» набор возможных наиболее серьезных неприятностей. Последствия этих дефектов могут быть очень тяжелыми. Так, из-за автоколебаний сверхзвуковой лопатки компрессора произошло разрушение двигателя ВД-7 с последующим пожаром самолета. Огромный стратегический бомбардировщик М-4, заправленный топливом «под завязку», полностью сгорел на взлетной полосе. Из-за титанового пожара компрессора двигателя АП-21Ф потерпели катастрофу восемь опытных самолетов Су-24. Разрушение диска тоже приводит к катастрофам (случай с Ту-154М), так как удержать в пределах корпуса крупные фрагменты диска (в отличие от тонких и сравнительно легких лопаток) невозможно из-за их большой кинетической энергии. Диск обычно разлетается на три-четыре части и фрагмент диска может вывести из строя жизнеобеспечивающую систему самолета (как в недавнем случае с Ту-154М, — гидросистему).

Все эти дефекты обусловлены авиационным применением газотурбинного двигателя. Требования минимальной массы двигателя и максимальной динамичности изменения режима работы приводят к следующему.

Тонкие лопатки компрессора имеют малую жесткость и склонность к колебаниям, как вынужденным, так и автоколебаниям. Быстрое увеличение режима работы двигателя, необходимое для маневрирования самолета в воздухе (к примеру, уход на второй круг), приводит к большим градиентам температуры между массивной (холодной) ступицей диска и его сравнительно тонким (горячим) ободом. Непрогретые диски дополнительно (на 50 %) нагружаются термическими напряжениями, которые уменьшают их циклическую

долговечность. Если при этом, не дай бог, на поверхности или внутри материала диска есть концентратор напряжений в виде риски, постороннего включения или чего-либо подобного, то «пиши пропало». Например, казалось бы, безобидное клеймение (присвоение шифра детали) диска электроискровым способом при его изготовлении приводит к снижению усталостной долговечности и преждевременному появлению трещин. Этому же способствуют любые отверстия в диске. Титановый пожар возникает при трении титана по титану (ротор лопатками «чиркает» о корпус, что при радиальных зазорах между ротором и статором около 0,5 мм может случиться), причем титан начинает гореть как термитная шашка (зажигательная бомба) и потушить такой пожар невозможно. Но без применения титана с его большим отношением предела прочности к удельному весу двигатель неконкурентоспособен из-за большой массы.

Но все это будет в недалеком будущем. А пока нужно было учиться. В самом выгодном положении оказалось ОКБ Климова — именно ему было поручено освоение английских «Нина» и «Дервента». Оба двигателя имели центробежные компрессоры, что облегчало всегда неизбежную доводку. Не нужно было заниматься сложной работой согласования ступеней компрессора в осевых схемах. В них — много ступеней в отличие от одноступенчатого центробежного компрессора. Другой вопрос, что путь развития турбореактивных двигателей с центробежным компрессором оказался тупиковым. Прошло долгих (для быстрого развития реактивной техники) пятнадцать лет, прежде чем ОКБ Климова нашло себя в массовой нише разработки вертолетных и танковых двигателей, и только через двадцать пять лет смогло вернуться в престижную область разработок двигателей для истребителей воздушного боя. Сегодняшний двигатель РД-33 для МиГ-29 — это «климовский» двигатель, хотя сам родоначальник этого КБ к этому времени уже ушел из жизни, что видно и из изменившегося обозначения двигателя («ВК» было заменено на «РД» и только недавно возвращено разработкам этого КБ).

Скорее всего, именно поэтому англичане так легко и продали эти двигатели с центробежным компрессором. В это время они под большим секретом уже приступили к разработке более мощного двигателя — одновального ТРД «Avon» («Эвон») с осевым компрессором. Этот двигатель будет успешно применяться с 1952 г., в том числе и на первом в мире пассажирском самолете «Де Хэвиленд» «Комета-4» и послужит аналогом для двигателя ОКБ-300, а именно АМ-3, детища С. К. Туманского и П. Ф. Зубца. Этот двигатель тоже попадет на первый советский пассажирский самолет Ту-104 в 1955 г.

Кстати, Ту-104 в сравнении с «Кометой» будет иметь на 20 % лучшую экономичность, поэтому слухи о «прожорливости» двигателя АМ-3 сильно преувеличены. Для того поколения самолетов и двигателей это был хороший результат. Только АМ-3 будет по размерности в два раза больше «Эвона» и на Ту-104 будет соответственно стоять два двигателя, а на «Комете» — четыре двигателя. Вопрос об оптимальной размерности (и соответственно тяге) двигателя зависит прежде всего от выбранного количества двигателей на самолете. Сегодня общепринятое количество — два двигателя на самолет исходя из минимальных затрат на обслуживание силовой установки и обеспечения безопасности полетов. Однако с точки зрения весовой отдачи по все тому же закону «куба-квадрата», чем меньше размер двигателя (до определенного значения) и больше их количество на самолете, тем эффективней весовая отдача самолета. Поэтому применение четырех двигателей на транспортных самолетах вместо двух вполне оправданно. Правда, в некоторых случаях это выглядит несуразно. Так, англичанами был разработан региональный, т. е. небольшой пассажирский самолет BeA-146 (типа нашего Ан-24 или Як-40, только, конечно, значительно комфортнее). Так вот, на этом небольшом самолете стоит четыре (!) двигателя. Вообще-то нонсенс! Неслучайно англичане потом «рекламировали» неслыханную надежность этого самолета, скрывая очевидный промах его конструктора.

Спустя много лет, когда АМ-3 станет уже давно музейным экспонатом, жизнь «Эвона» продлится в качестве наземной газотурбинной установки для привода насосов перекачки газа в Газпроме и получит название «Коберра». Только в конце XX века эти установки будут заменяться на отечественные, тоже, кстати, «аэродеривативы», т. е. разработанные на базе авиационных двигателей. «Долгая жизнь Эвона» — почти название романа.

По сути — и Дервент, и Нин были глубокими модификациями первого английского двигателя Уиттла Welland, схожего с немецким двигателем фон Охайна. Дальнейшего развития эта линия не получила, а первоначальное преимущество ОКБ Климова по этой же причине быстро испарилось. Тем не менее эти двигатели сыграли свою большую роль в истории и не только авиамоторостроения. Под производство этих двигателей выделили вначале два, а потом еще пять (!) серийных заводов. «Дервент» получил обозначение РД-500 по очевидному смыслу — «реактивный двигатель, завод № 500 (в Тушино)», а «Нин» — РД-45 — «реактивный двигатель, завод № 45 (у метро «Семеновская»). Позже РД-45 получил уже фирменное обозначение ВК-1, под которым он серийно производился на

заводах № 16 в Казани, № 19 в Перми, № 24 в Самаре, № 26 в Уфе, № 478 в Запорожье. Всего за двенадцать лет (1948–1960) было сделано 60 тыс. моторов ВК-1 и их модификаций, включая форсажную. На заводах в Москве, Уфе и Самаре в 1952–1954 гг. делали по десять (!) двигателей ВК-1 вдень. Да еще по лицензии в Польше, Чехословакии и Китае было произведено 20 тыс. этих двигателей.

ВК-1, несомненно, оказался рекордсменом по массовости производства, а В. Я. Климов — на первом месте по влиятельности среди главных конструкторов авиационных двигателей в это десятилетие. Хотя, если посмотреть ретроспективно, ему лично не удалось выйти за рамки конструкций готовых лицензионных двигателей довоенного «Испано-Сюиза» и послевоенного роллс-ройсовского «Нина», в отличие, например, от того же А. А. Микулина или, тем более, А. М. Люльки и П. А. Соловьева.

Воспроизведение немецких трофейных «ЮМО» и «БМВ» имело чисто учебное значение — понять, что же такое турбореактивные двигатели в производстве и в эксплуатации на первых реактивных самолетах, по сути, переделанных под реактивные бывших поршневых Як-9 и Ла-15.

Американцы тоже не спали — осваивали немецкое и английское наследство. К ним попало трофеев значительно больше, кроме того, такие главные специалисты по турбореактивным двигателям, как Уиттл, Охайн, Бентеле и другие, оказались в США. И, надо думать, не с пустыми руками. Таким образом, некоторую фору, преимущество, США получили. Американцы (новичок — фирма «Дженерал Электрик») еще в 1941 г. получили исчерпывающую информацию по двигателю Уиттла и попытались его воспроизвести.

Уже 18 апреля 1942 г. первый американо-английский реактивный двигатель был запущен. Вскоре этот малоразмерный двигатель под индексом J-31 с весьма скромным уровнем тяги (725 кг) пошел в серию, ставился на первый американский реактивный истребитель P-80/F-80 «Shooting Star» («Стреляющая Звезда»), который, однако, к моменту начала войны в Корее уже устарел. Далее была его существенно увеличенная модификация J-33 (близкая к английскому «Нину») с тягой 2000 кг. Передав лицензию на серийное производство этих двигателей фирме «Аллисон» (подразделение «Дженерал Моторе»), на фирме «Дженерал Электрик» стали разрабатывать двигатель с осевым компрессором. Без участия немецких специалистов здесь не обошлось, хотя американцы не любят об этом упоминать. Известно, что создать с нуля осевой компрессор практически

невозможно за короткое время. Кроме того, одним из самых ценных «трофеев» для американцев оказался захваченный ими высотный испытательный стенд фирмы «БМВ» в Мюнхене со всем оборудованием и технологией проведения таких уникальных для того времени испытаний.

«Дженерал Электрик» полностью унаследовала опыт немецкой фирмы «БМВ»: руководитель всех проектов «БМВ» по разработке силовых установок доктор Бруно Брукман и его коллеги Герхард Нойманн и Питер Каппус переехали в США сразу после войны. Главным конструктором фирмы «Дженерал Электрик» долгое время был Герхард Нойманн, автор патента на механически поворотные статорные лопатки компрессора, — классическая немецкая инженерная идея со сложной механикой, воплощенная в двигателе J-79-GE. Идея поворотных лопаток статора компрессора аналогична винтам изменяемого шага. И в том, и в другом случае оптимизируется угол атаки, под которым вектор скорости набегающего потока воздуха встречается с лопаткой или лопастью винта. Немецкий опыт проектирования осевых компрессоров был использован на «Дженерал Электрик» один к одному.

Первым американским двигателем с осевым компрессором был J-35 (тоже переданный в серию на «Аллисон»), Родовое происхождение компрессора этого двигателя J-35 от экспериментального компрессора для «БМВ» 109-003D очевидно: «американский» имел 11 ступеней со степенью повышения давления 4, а немецкий — 10 ступеней с ожидаемой степенью повышения давления 4,95. Этот компрессор (проект «Hermso») был разработан по заказу «БМВ» на известной фирме Brown Boveri & Cie, ныне широко известной как «АВВ-Альстом», но на двигатель 109-003D попасть не успел — война закончилась. Да и по размерности (тяге и расходу воздуха) J-35 и 109-003D были близки: 1800 кг и 32 кг/сек в первом случае и 1150 кг и 25 кг/сек — во втором.

На базе двигателя J-35 был создан и знаменитый J-47. Этот двигатель стоял на истребителе F-86 «Sabre» («Сабля»), принявшем участие в воздушных боях в Корее с советским МиГ-15, оснащенным мотором ВК-1. Всего было выпущено свыше 35 тыс. моторов J-47. И это в мирное время! Это был крупный успех «Дженерал Электрик». В 1949 г. «Дженерал Электрик» открыла завод по производству J-47 в Цинцинатти, штат Огайо. Именно здесь и обосновалась штаб-квартира фирмы. Ее главный конкурент, фирма «Пратт-Уитни», расположилась неподалеку, в Ист-Хартфорде, штат Коннектикут. И Огайо, и Коннектикут — это авиационные штаты. В Огайо (Кливленд) еще находится НАСА с

ее исследовательской базой, а в Коннектикуте — знаменитые фирмы «Сикорский» и «Гамильтон Сандстренд».

На газотурбинный реактивный двигатель J-47 разработки «Дженерал Электрик» ее главный конкурент «Пратт-Уитни» ответил далеко не сразу. Вначале инженеры Пратт-Уитни изучали «классику» — тот же английский «Нин», лицензия на производство которого была приобретена в США. Праттовский вариант «Нина» получил обозначение J-42-PW. Затем, как и многие другие моторные фирмы с поршневой предысторией, «Пратт-Уитни» начала с разработки турбовинтового двигателя с осевым компрессором, малоизвестного сегодня Т34 в классе мощности 5500…7500 л.с. Далее для нового тихоходного тяжелого бомбардировщика понадобился двигатель еще большей мощности, который (РТ4/Т57) и был спроектирован на «Пратт-Уитни». Очевидно, что индекс «РТ» означает «prop-turbine», т. е. «турбовинтовой».

Однако ознакомление Боинга с немецкими разработками самолетов со стреловидным крылом полностью изменило концепцию будущего бомбардировщика. Вначале В-47, а затем и будущий знаменитый В-52 становятся скоростными «бомберами» со стреловидным крылом. А двигатели для них — турбореактивными, а не турбовинтовыми. Первоначально на «Пратт-Уитни» хотели просто превратить «ядро» (компрессор, камеру сгорания и турбину) турбовинтового двигателя РТ4Д57 в турбореактивный двигатель, сняв винте редуктором и турбину привода винта. Но… пришлось все переделать: требования к экономичности, обусловленные большой дальностью полета бомбардировщика, заставляли увеличить степень сжатия. В то время это можно было осуществить либо в одновальном многоступенчатом компрессоре с развитой механизацией (поворотными лопатками статора), либо в двухвальном компрессоре без механизации. Патентом и опытом регулирования угла установки лопаток обладали немецкие специалисты, перешедшие на «Дженерал Электрик». На «Пратт-Уитни» компрессор был спроектирован двухвальным (9 + 6 ступеней со степенью сжатия 12,5), что было инновационным для того времени, а двигатель получил обозначение J-57 (гражданское обозначение JT3C). Тяга его без форсажа была около 6000 кг, а с форсажем — 9000 кг. Как вспоминают ветераны «Пратт-Уитни» [81], конструкторы работали по 24 часа в сутки семь дней в неделю, и через семь месяцев первый двигатель был поставлен на испытательный стенд. Семь месяцев — этот рекорд был повторен в Перми при создании нового мотора Д-30КУ для самолета Ил-62М. Минимальное время для разработки и изготовления

первого двигателя!

Так «Пратт-Уитни» перешагнула в эру реактивной авиации. А ее ближайшие конкуренты «Кертис-Райт» и «Вестингауз» остались позади. Внешний вид J-57 имел некое подобие «осиной талии» при переходе от корпуса компрессора к камере сгорания, напоминая об успехе первого поршневого мотора «Пратт-Уитни» «Оса» («Wasp»). Позже этот двигатель был увеличен в размерах (по тяге на 30 %), получив обозначение J-75. Он стоял на самолете F-105 «Thunderchief» («Громовержец», т. е., по сути, «Зевс»). Оба этих мотора (J-57 и J-75) приняли активное участие в войне во Вьетнаме. С точки зрения инноваций эти двигатели были малоинтересны, в чем мы убедились, когда из Вьетнама привезли J-75 со сбитого самолета и появилась возможность его «пощупать». Советский Р11-300 опередил «американца». У нас аналогом J-75 была модификация Р11-300, а именно Р29-300 Тушинского филиала ОКБ Туманского для МиГ-23.

Война моторов возобновилась спустя всего пять лет после Второй мировой.

По типу поршневых моторов удобно рассматривать историю «войны реактивных моторов», классифицируя их по поколениям. Для этого из всего множества самолетов и моторов мы отберем только типичных представителей, опуская переходные модели. Ниже дана суммирующая таблица двигателей для бомбардировщиков, так как именно здесь началось могущее стать смертельным противостояние.

	США	Год первого вылета	СССР	Год первого вылета
Номер поколения	Стратегические бомбардировщики (двигатели)		Стратегические бомбардировщики (двигатели)	
1	B-47 (J-47-GE) B-52 (J-57-PW, позже TF-33-PW)	1947 1952	Ту-85 (ВД-4К, порш.) 3М (ВД-7) Ту-95 (НК-12)	1951 1955 1955
2	B-58 (J-79-GE)	1956	М-50 (РД16-17) Ту-22 (ВД-7М)	1959
3	XB-70 (J-93-GE)	1964	Т-4 (РД36-41)	1972
4	B-1B (F101-GE)	1974	Ту-160 (НК-32)	1981
5	B-2 (F118-GE)	1989	—	

Как мы уже отмечали, война в Корее подвела черту под военной поршневой авиацией. Оказалось, что «неуязвимые» «летающие крепости» совершенно беззащитны перед скоростными

реактивными истребителями нового поколения. Ядерное оружие уже появилось, а надежного средства доставки не оказалось ни у американцев, ни в СССР. В СССР ситуация была много хуже: кроме разницы в «весовых категориях» по промышленному и инновационному потенциалам не в пользу СССР, существовал и диспаритет по стратегическому положению. США имели военные базы по периметру СССР, аналогов которых не было у Советского Союза. Вероятный противник (территория США) находился очень далеко от советских аэродромов стратегической авиации. Задача обеспечения безопасности казалась неразрешимой, да и сегодня она столь же опасна по тем же причинам, несмотря на наличие нового оружия — баллистических ракет. Последние становятся все более и более уязвимыми. Иметь стратегическую авиацию, способную бомбить США и при этом базироваться на территории СССР, — это задача очень серьезная и затратная. Тем не менее такая задача была поставлена и вплоть до создания межконтинентальных баллистических ракет ее пытались решить в приоритетном порядке. Здесь же и был совершен настоящий «реактивный прорыв».

Как мы помним, в 1951 г. уже был готов последний (так оказалось) поршневой бомбардировщик Ту-85 с оригинальным мощным мотором В. А. Добрынина. И в этом же году Главком ВВС маршал Жигарев доложил Сталину о результатах воздушных боев в Корее, где сравнительно тихоходные поршневые бомбардировщики (на этот раз, к счастью, американские B-29 так же, как советские ТБ-3 в 1941 г. перед немецкими «мессерами») оказались беззащитными перед новым поколением реактивных истребителей МиГ-15. Все нужно было начинать заново, ориентируясь на новый уровень скоростей, приближающийся к звуковой (серийных сверхзвуковых истребителей еще не было в природе). Американцам тоже пришлось «списывать» авиацию поколения Второй мировой войны.

Как пишут и Л. Л. Селяков, и В. С. Егер, сын С. М. Егера, ближайшего сподвижника Туполева, Сталин решил поручить Андрею Николаевичу создание стратегического бомбардировщика для возможной ядерной бомбардировки США. И Туполев, рассмотрев возможные варианты… отказался. Задача была практически невыполнимой: надо было обеспечить большую дальность (более 10 000 км) и высокую дозвуковую скорость. Дальность и требуемую мощность можно было обеспечить только с помощью экономичной турбовинтовой силовой установки, но применение винтов ограничивало скорость. Применение турбореактивных двигателей обеспечивало самолету достижение нужной скорости, но из-за худшей экономичности этих

двигателей дальность самолет не добирал. Но у Сталина лежала записка-предложение В. М. Мясищева, ОКБ которого до этого было расформировано еще в 1946 г., о возможном создании такого самолета. В. М. Мясищев в свое время возглавил ОКБ Петлякова после смерти последнего в 1942 г. После 1946 г. он работал в МАИ, где его активность вызывала неприязнь. В вузе он был «чужой»: в этой системе свои правила.

После отказа Туполева делать самолет тут же восстановили ОКБ-23 Мясищева в Филях, передали ему от Туполева людей, оборудование и поручили создать такой самолет. К Мясищеву перешел давний и публичный оппонент Туполева и его команды известный конструктор Л. Л. Селяков. В частности, он публично аргументированно заявлял [39], что Туполев завел бомбардировочную авиацию в тупик, ориентируясь на винтовые силовые установки (имелись в виду и Ту-85 и последующий Ту-95). Непростые отношения в среде главных конструкторов самолетов и двигателей, то, что мы назвали внутренней «войной моторов» применительно к разработке двигателей, существовали всегда. Далее мы не один раз увидим примеры этого. Туполев и Мясищев, Туполев и Сухой — примеры таких коллизий. И Мясищев, и Сухой обладали редким даром видения оптимального сочетания перспективы и рисков.

Рассмотрением возможной перспективы в этом направлении у Туполева занимался «немец», как его называли на фирме, С. М. Егер, который и представил эскизный проект будущего Ту-95 с будущими турбовинтовыми двигателями разработки ОКБ Н. Д. Кузнецова. Особенностью этого проекта было применение стреловидного крыла на турбовинтовом самолете для сохранения высокого аэродинамического качества при большой околозвуковой скорости. Это решение, как справедливо отмечал Селяков, противоречиво: для винтов нужна скорость поменьше, а для реализации преимуществ стреловидного крыла — побольше. То есть по отдельности — отдельно скорость, отдельно экономичность, все было хорошо, но вместе это не сочеталось. Поэтому требуемая дальность Ту-95 обеспечивалась на меньшей скорости, но максимальная скорость могла достигать уровня 800 км/час и более. Тем не менее вслед за предложением Мясищева был принят и этот проект, по сути, конкурент будущего самолета М-4.

Но все-таки ключевым элементом этих обоих проектов (Мясищева и Туполева) были двигатели. Такой большой размерности авиационных газотурбинных двигателей еще не было в природе. Для турбовинтового двигателя (Ту-95) требовалась мощность 12 000 л.с. в одном агрегате. Мало того,

что в мире не было двигателей такой мощности, надо было еще сконструировать и винты, которые могли бы преобразовывать эту мощность в тяговое усилие. Однорядный винт для снятия такой мощности имел бы невообразимый диаметр. Решение было в применении соосного двухрядного винта с противовращением. И в этом случае в конечном варианте получился винт АВ-60 диаметром 5,6 м, что наложило ограничение на длину стоек шасси — самолет получился «высоким». Позже разработанный на его базе пассажирский Ту-114 не могли принять в парижском Ле-Бурже — не было трапа необходимой высоты. Требовалось разработать и уникальный редуктор, понижающий обороты турбины при передаче мощности на винт.

Что же было в наличии? На выходе была советская, увеличенная по мощности реализация немецкого проекта 109–022 под индексом ТВ-2, турбовинтовой двигатель мощностью около 6000 л.с. С 1951 г. ТВ-2 уже проходил испытания. Н. Д. Кузнецов взялся сделать спарку этих двигателей с общим редуктором для проектируемого Ту-95, который и совершил первый полет с этой силовой установкой в ноябре 1952 г. Однако после катастрофы самолета 11 мая 1953 г. работы над этим двигателем приостанавливаются. А к 1955 г. в Самарском КБ уже был сделан НК-12 мощностью 12 000 л.с. в одном агрегате. Конечно, без немецкого опыта здесь не обошлось. НК-12 является прямым развитием немецкого проекта турбовинтового двигателя БМВ 109–028 с двухрядным винтом. Немецкие и австрийские инженеры покинули Самару только в 1954 г. Подробная история создания этого уникального двигателя, к сожалению, широкой общественности неизвестна.

Ретроспективно понятно, что авиационного решения поставленной стратегической оборонной задачи в то время не было. Только в новейшее время (1980-е гг.) задачу удалось решить созданием комбинированного оружия: вместо прямой атомной бомбардировки, как это задумывалось тогда, применить крылатые ракеты с ядерной боеголовкой, запускаемые с самолета-носителя, находящегося вне зоны ПВО противника. А тогда даже если бы крылатые ракеты сделали (все-таки немецкий задел имелся), то задача миниатюризации ядерного заряда была решена значительно позже. Спустя менее чем через десять лет, эту стратегическую задачу решили постановкой баллистических ракет на боевое дежурство. А крылатые ракеты для стратегических бомбардировщиков были сделаны значительно позднее. Малоразмерные и короткоресурсные двигатели для них были спроектированы все в той же Уфе, во вновь организованном ОКБ, вначале «дочки» ОКБ-300. Эти двигатели имеют индекс КР

(«крылатая ракета»).

Постановлением Советского правительства от 1 апреля 1952 г. ОКБ Добрынина предписывалось разработать турбореактивный двигатель ВД-5 для нового стратегического бомбардировщика М-4. Это был грандиозный проект! Такого в СССР еще не строили: ни самолета, ни двигателя. Самолет проектировался на дальность 9000 км. Для обеспечения такой дальности необходимо было иметь взлетный вес самолета 200 тонн, 50 % которого составляло топливо. Для обеспечения взлета такого самолета необходимо было иметь суммарную тягу двигателей около 50 тонн (обычно энерговооруженность, т. е. отношение суммарной тяги к весу четырехмоторного самолета составляет 25 %). То есть в четырехмоторной силовой установке тяга в одном агрегате (двигатель) должна была быть около 13 тонн без форсажа. Таких двигателей не было нигде в мире, да это и понятно — таких боевых задач не ставилось ни одной авиации мира. Самый мощный двигатель того времени АМ-3 разработки микулинского ОКБ-300 имел тягу около 9 тонн. Предстояло же создать нечто невиданное, причем в ОКБ, которое не имело опыта создания турбореактивных двигателей. Правда, были опытные инженеры.

Конечно, этот приоритетный для обороны страны проект выполняли «всем миром». Основную роль в руководстве проектированием (не в конструировании) в это время выполнял ЦИАМ, испытания компрессора, «сердца» газотурбинного двигателя, шли в ЦАГИ. Фирменной разработкой ЦАГИ было и использование в компрессоре этого двигателя инновационной сверхзвуковой ступени компрессора. Предполагалось, что за счет повышения степени сжатия в этой ступени до невиданного значения (максимально 1,9) можно сократить общее количество ступеней компрессора, а следовательно, и длину, и массу двигателя. Компрессор имел девять ступеней с общей степенью сжатия 10 — очень хороший результат для того времени. Сколько эта сверхзвуковая ступень принесла проблем и не только в этом двигателе, а везде, куда ее ставили, — это уже другой вопрос. Склонность к автоколебаниям — вот ее болезнь. Именно эта ступень способствовала отсрочке принятия на вооружение, а затем из-за потери времени и прекращению производства М-4. Как уже упоминалось, один из бомбардировщиков сгорел на взлетной полосе дотла в результате обрыва лопатки, остался только след выжженного бетона, повторяющий контур самолета. Такие события запоминаются и запоминаются надолго. ОКБ Мясищева закрыли осенью 1960 г. и передали его производственную базу ракетчикам — главному конструктору

В. Челомею.

Надо думать, осень 1960 г. — это не случайность. Как раз в это время произошла тяжелая авария с ракетой Янгеля (ОКБ «Южное», г. Днепропетровск) на пусковом столе, в результате которой погиб командующий РВСН маршал Неделин и много людей из его окружения и обслуживающего персонала. Как уже отмечалось, к этому времени актуальность разработки стратегических бомбардировщиков временно (а думали, что навсегда) отпала, надо было разворачивать создание ракет и подключать к этому новых разработчиков. В это время Н. С. Хрущев принял концепцию обеспечения безопасности страны на базе ракетной техники. Военная авиация, это детище Сталина, оказалась на целых десять лет в загоне. Может быть, в этом был и психологический момент отторжения Хрущевым всего «сталинского», а может быть, его радикализм, наблюдаемый в решении любых вопросов.

Но вернемся в 1950-е. Через десять (!) месяцев, 9 февраля 1953 г., первый двигатель ВД-5 был поставлен на испытания. Срок неслыханный для разработки и изготовления совершенно нового двигателя. За это время нужно было «завязать» параметры двигателя, выпустить компоновки узлов и чертежи, спроектировать и изготовить оснастку, включая самые сложные для того времени пресс-формы для отливки лопаток турбины, наконец, изготовить сам двигатель. Надо думать, что аэродинамический проект всего компрессора уже существовал, иначе никак не успеть. Сверхзвуковая ступень была экспериментально отработана, для чего было изготовлено 19 вариантов этой ступени. Вообще, вся доводка двигателя велась, как обычно, экспериментально: сначала по элементам, затем по узлам и, наконец, системные вопросы отрабатывались на двигателях. Далее мы еще рассмотрим типичный пример технологии создания нового двигателя. Доводка, включая летные испытания, длится обычно 5–7 лет, иногда больше. Например, англо-германский двигатель RB.199 для европейского самолета воздушного боя «Торнадо» доводили 10 (!) лет из-за концептуальной ошибки проекта — военный двигатель для маневренного самолета решили сделать по роллс-ройсовской моде того времени трехвальным. Опытная партия двигателей для доводки может доходить до 30 штук.

В подобном (по сборке первого двигателя ВД-5) рекорде по срокам автор этих строк сам участвовал через 15 лет в 1966 г. при создании двигателя Д-30КУ, о чем будет рассказано далее. Тогда двигатель Д-30КУ с нулевого цикла сделали на пермском заводе за восемь (!) месяцев, правда, тоже с готовым аэродинамическим

проектом компрессора. Нынешнее поколение инженеров просто не верит, что такое возможно.

Пока доводили двигатель, работали и над самолетом. В результате спустя год техническое задание на двигатель изменили. Самолет получился легче, что является редчайшим случаем в авиационной практике, сменился его индекс, ставший М-6, а позже замененный на «3М», а двигатель потребовался меньшей тяги — 11 тонн без форсажа. Этот уникальный двигатель и вошел в серию под очередным индексом с инициалами своего главного конструктора В. А. Добрынина ВД-7. Три года не давала житья сверхзвуковая ступень компрессора, в результате чего до 1960 г. тяга была ограничена уровнем 9,5 тонны. А в 1962 г. появилась его модификация с форсажной камерой, что позволило получить максимальный уровень тяги 17 тонн. Компрессор ВД-7 стал буквальным образцом (в виде технической документации) для отечественных КБ, создающих двигатели с многоступенчатыми компрессорами (ОКБ Люльки, а позже и Соловьева). Модификации двигателя ВД-7 (ВД-7П и ВД-7М) ставились и на туполевские сверхзвуковые машины: самолет-разведчик Ту-22Р и ракетоносец Ту-22К.

На воздушном параде в Тушино в июле 1955 г., чему автор этих строк сам был свидетелем, один за другим пролетали М-4 с эскортом из истребителей. Всего было показано 18 самолетов М-4. Зрелище было весьма эффектным. Во-первых, было видно, что это — инновационный продукт: аналогов такой конструкции самолета в мире не было. Гармония самолета и двигателей, что бывает далеко не всегда. В истории авиации «плохих» примеров не так уж мало: американские самолеты B-52 и F-111, советские Ту-95 и Ил-86. К этому списку неудач можно добавить самолеты «Дуглас-10» и «Локхид-1011» 1970-х гг., особенно первый. Эти пассажирские самолеты большой вместимости (по 250 человек) были спроектированы по трехдвигательной схеме: два двигателя под крылом, а третий — в хвостовой части. Это был рудимент предшествующих «Трайдента» и «Боинга-727». Но там стояли двигатели с малой степенью двухконтурности и сравнительно малой массы, и такая компоновка обеспечивала снижение шума в кабине. А здесь хвостовое расположение центрального двигателя создавало только проблемы: трудности центровки масс из-за тяжелого двигателя на хвосте, а также обеспечения аэродинамического качества хвостовой части. На «Локхиде-1011» пришлось делать криволинейный канал большого диаметра для подвода воздуха к двигателю, расположенного внизу. А на «Дугласе-10» решили не заморачиваться этим и разместили центральный двигатель в мотогондоле вверху, в основании киля.

В результате оказалось, что из-за большой высоты расположения этого двигателя на самолете выхлопная струя распространяется на большую дальность, что привело к ограничению маневра самолета на рулежной полосе — горячая струя достигала здания аэропорта. Именно после этого проекта фирма «Дуглас» постепенно сошла со сцены, уступив свое место «Боингу».

Появление самолетов М-4 указывало на зрелость советской реактивной авиации. Соответственно поскольку такого класса самолет «тянули» всего четыре двигателя (а не шесть и не восемь, как на американских В-47 и В-52), то отсюда следовало, что и в такой высокотехнологической области, как разработка турбореактивных двигателей большой тяги, СССР добился крупного успеха. Говорят, правда, что это был трехкратный пролет одной и той же группы по шесть самолетов. Может быть, но это — непринципиально.

Между тем появление такого самолета (М-4) в СССР в 1955 г. сильно обеспокоило американские политические и военные круги. Американцы очень нервно реагируют даже на саму возможность бомбардировки собственной территории. Абсолютная неуязвимость — вот кредо их оборонной политики. Одним из полетных заданий американского высотного разведчика U-2, регулярно летавшего над территорией СССР с лета 1956 г., было в том числе и определение численности группировки М-4.

Сами же США начали с разумного было подхода создания инновационного реактивного бомбардировщика «Стратоджет» В-47 ограниченной дальности — 6000 км. Еще раз подчеркнем, что им не нужна была большая дальность — базы располагались недалеко от границ СССР. «Боинг» спроектировал инновационный самолет— с «велосипедным» («bicycle») шасси (Мясищев применил эту новинку позже на М-4), системой дозаправки в воздухе и прочим. А вот двигатели подкачали — почему-то американцы не стали разрабатывать двигатель повышенной тяги специально для этого самолета, а поставили шесть (!) уже готовых J-47: по одной спарке и одному отдельному двигателю на каждое крыло. В декабре 1950 г. В-47 поступил на вооружение ВВС США, а к 1956 г. этих бомбардировщиков американцы наделали уже 1300 штук. Против такой воздушной армии Советскому Союзу выстоять было бы трудно. Но этого американцам показалось мало — и здесь начался настоящий военный психоз. Неслучайно военный министр США Форрестол в 1949 г. вначале попал в психиатрическую больницу, а затем с возгласом «Русские идут!» в октябре того же года выбросился из окна. Эту тему сумасшествия военного министра США советские газеты отработали тогда на 100 %, публикуя множество карикатур на Форрестола. Но смех

смехом, а военный психоз того времени — исторический факт. Как раз в это время США потерпели крупнейшее геополитическое поражение за свою историю — Китай оказался в сфере влияния СССР. В США началась печально известная эпоха маккартизма — преследования за взгляды и убеждения, в первую очередь коммунистические и близкие к ним.

В США с 1951 г. на «Боинге» срочно начинается разработка стратегического дозвукового бомбардировщика B-52 с дальностью свыше 10000 км. Ничем, кроме «военной прибыли» военно-промышленного комплекса США, в первую очередь фирмы «Боинг», создание этого самолета объяснить невозможно. Не было никакой военной необходимости. Через год, в апреле 1952 г., — уже первый полет В 1956 г. B-52 поступает на вооружение. А к 1962 г., моменту окончания строительства самолетов, в строю находится 650 (!) этих бомбардировщиков «Стратофортресс». Против такой воздушной армады в СССР средств защиты не было. Неслучайно Хрущев в этом же 1962 г. потащил ракеты с ядерными зарядами на Кубу, поближе к территории США. Дамоклов меч ядерной войны реально висел над СССР в это время. И так плохо, и ничего не предпринимать — тоже плохо.

При переходе на турбореактивные двигатели (при этом сменилось и название: французское «moteaur» — «мотор» сменилось в СССР на русское «двигатель», а в США — на английское «engine») американские стратегические бомбардировщики первоначально повторили концепцию проверенного B-29, неточно называемого «Летающей крепостью», или «Суперфортресс», с учетом новых возможностей (большей мощности) турбореактивных двигателей. Обычный дальний дозвуковой бомбардировщик с существенно большим взлетным весом и соответственно бомбовой нагрузкой. Как и в случае B-29, большое внимание было уделено неуязвимости: сильное бортовое вооружение, а самое главное — активная постановка помех против наводящихся по радару ракет ПВО или самонаводящихся ракет «воздух — воздух». Стратегический бомбардировщик первого поколения B-52 «Стратофортресс» получился, как и следовало ожидать, огромный: взлетной массой 250 тонн, силовая установка представляла четыре спарки двигателей J-57 на пилонах под крылом.

Американское двигателестроение в это время объективно отставало от нашего — оно еще не могло построить двигатель требуемой мощности в одном агрегате за те небольшие деньги, которые могла выделить из общего контракта известная своей скаредностью фирма «Боинг». Автор бывал на разного рода научных конференциях по двигательной тематике, организуемых

либо Американским институтом астронавтики и аэронавтики, либо Международным газотурбинным институтом. Как правило, эти конференции проводятся по месту известных авиационных центров: Кливленд (НАСА), Сиэтл («Боинг»), Флорида («Пратт-Уитни»), Мюнхен («МТУ») и др. При этом проведение конференции, в частности так называемый «прием» перед ее началом для знакомства приглашенных, «Welcome Reception», спонсируется фирмой — хозяином этого места. По уровню приема можно судить и о «щедрости» хозяев: ведь стиль тотален. Так вот, на конференции в Сиэтле в 1997 г. фирма «Боинг» поразила убогостью своего гостеприимства, особенно по сравнению с проходившим годом ранее подобным роскошным приемом в Орландо, организованном фирмой «Пратт-Уитни». На этом приеме «Пратт-Уитни» во Флориде зал был оформлен в виде индейских вигвамов, в которых подавали разнообразные холодные и горячие закуски, десерты и вино. Музыка, световое оформление. Но «фишкой» приема было присутствие двух живых песочного цвета пум, сидящих без ограждения в углах зала вместе с дрессировщиками. Можно было фотографироваться на их фоне. Запоминающимся был и прием для участников конференции и выставки «Турбо-Экспо» и в Амстердаме в 2002 г. В отличие от гедонистского приема во Флориде амстердамский прием носил утонченный характер — он проходил не где-нибудь, а в… зале Рембрандта всемирно известного Рийксмузея. Участники приема общались с бокалами мартини в руках на фоне «Ночного дозора». Здесь постаралась сделать это событие запоминающимся мэрия Амстердама. Не отстала и венская мэрия на очередном мероприятии «Турбо-Экспо» в 2004 г. — роскошный прием проходил в не менее роскошном зале барочной венской ратуши на «Ринге». А вот в Барселоне в 2006 г. прием проходил на крытых старых верфях, где строили испанские галеоны, причем один из этих парусников стоит там прямо на слипе и на нем можно побывать с бокалом вина. В свою очередь, в Сиэтле, вотчине «Боинга», во время приема в музее авиации удалось побывать на бывшем борту № 1 президента США Эйзенхауэра — В-707, весьма скромно, кстати сказать, оборудованного.

К 1970 г., наконец, поняли, что создание двигателя нового поколения, а иначе нечего и браться за это дело, требует больше времени, чем самолета, и поэтому двигатель надо создавать с опережением. И только потом — самолет. Появилось понятие двигателя-демонстратора, на котором заранее, до всякого госзаказа, отрабатываются будущие инновационные технические решения. После 1970 г. появились специальные федеральные, за счет бюджета, исследовательские программы. Так, в 1970-е гг.

появилась знаменитая целевая программа E^3 — «энергетически эффективный двигатель» для магистральных самолетов. В программе участвовали «Пратт-Уитни» и «Дженерал Электрик». Эти фирмы-разработчики должны были разработать инновационные узлы двигателя и продемонстрировать их эффективность на двигателях-демонстраторах. Этот опыт оказался успешным и получил дальнейшее развитие. Именно с этого шага американцев началось отставание отечественного двигателестроения.

А тогда при взлете самолетов B-52 эти устаревшие двигатели выпускали густой шлейф дыма. Позор вообще-то для США. Только сравнительно недавно двигатели J-57 были заменены на тоже не ахти какие совершенные двухконтурные TF-33 (в миру JT3D разработки «Пратт-Уитни»), т. е. обычные гражданские двигатели, применявшиеся еще на «Боингах 707». Этот двухконтурный двигатель JT3D тоже был простой «доделкой» одноконтурного двухвального JT3C: удлинили первые две ступени компрессора для создания второго контура, не удосужившись даже сделать гладкий канал для воздуха. В строю самолеты B-52 находятся уже свыше 50 лет. Разумеется, они модернизируются под новые средства вооружения (крылатые ракеты) и т. п., но тем не менее возраст разработки почтенный. B-52 еще недавно принимал участие в боевых действиях в Афганистане, Югославии.

В сравнении с реактивными стратегическими бомбардировщиками, которые решали принципиально новую задачу по отношению к последним поколениям своих поршневых аналогов, первое поколение реактивных истребителей принципиально новых задач не решало. До разработки настоящего самолета воздушного боя, т. е. разработки самолета как платформы-носителя вооружения, было еще далеко по меркам быстротекущего времени инновационной волны. Самолеты-истребители первого поколения были «легкими»: ни дальних радаров, ни мощного ракетного вооружения дальнего действия, ни спецвооружения для поражения наземных защищенных целей они не имели. Обычные истребители, как и во Вторую мировую войну, только с большей максимальной скоростью. Вскоре это проявилось в реальных воздушных боях в Корее, где навыки летчиков, имевших боевой опыт во Второй мировой войне, пригодились один к одному.

Между тем шло время, американцам скоро надо было списывать уже морально устаревшие бомбардировщики B-47 и заменять их новыми разработками. В авиации, как и во флоте, процесс проектирования, доводки, освоения в производстве и в

боевых частях должен идти непрерывно, иначе возникнет «дыра» в обороне. Если уж вы приняли решение иметь на вооружении стратегические бомбардировщики да еще в таком невообразимом количестве, как в 1950-е гг., то придется строить их непрерывно: обновление большого парка — процесс долгий, как раз за это время придется списывать предыдущую партию. Жизненный цикл боевого самолета, особенно на стадии подъема инновационной волны, очень короток. Да и средства ПВО тоже не стоят на месте.

Следующим шагом в развитии американской бомбардировочной авиации планировался переход сначала к сверхзвуковым (M = 2), а затем и к гиперзвуковым (М3) самолетам. В США предполагали, что сверхзвуковой, а тем более гиперзвуковой бомбардировщик будет неуязвим как для авиационных, так и уже для появившихся ракетных средств ПВО. И, конечно, были уверены, что СССР не сможет создать аналогичный гиперзвуковой самолет. Для этого нужен совершенно другой уровень развития науки и техники: нужны новые конструкционные материалы, новое термостабильное топливо, наконец, нужны новые мощные двигатели, способные работать в таком широком диапазоне скоростей полета при высоких температурах воздуха на входе в двигатель. Ведь при торможении потока воздуха от скорости M = 3 его температура достигает 300 °С. Хотя, как мы уже отмечали, по части двигателей СССР в это время были впереди США: для «бомберов» нужны были мощные двигатели, которых тогда в США не было. И это сыграло не последнюю роль в том, что, в общем, это соревнование СССР не только не проиграл, но и, можно сказать, выиграл «по очкам». Но наши «стратеги» не смогли должным образом воспользоваться разработками советских инженеров.

Американский четырехмоторный сверхзвуковой (M = 2) бомбардировщик B-58 «Хастлер» пришел на замену самолета предыдущего поколения B-47. И тот и другой, строго говоря, не были стратегическими бомбардировщиками — их дальность полета до 7000 км позволяла им оперировать против СССР без дозаправки в воздухе только с военно-воздушных баз, расположенных вне территории США вблизи границ Советского Союза. На самолете B-58 стояли все те же самые распространенные в американской авиации двигатели J-79-GE, т. е. конструкторские наработки еще немецкого наследия, модифицированные фирмой «Дженерал Электрик». Бомбардировщик B-58 прожил «тихую» жизнь, не участвуя в локальных конфликтах, и быстро и незаметно сошел со сцены. Этому способствовали и его некоторые (какие? — неизвестно) недостатки. Правда, на парижском авиасалоне в Ле-Бурже этот

самолет потерпел громкую катастрофу во время выполнения «бочки» на высоте 300 метров. Фирма «Конвэр», которая его разработала, тоже долго не прожила. Самой инновационной в США была фирма «Нортроп», по имени знаменитого авиаконструктора, автора аэродинамической схемы «летающее крыло». По идее, именно этой фирме нужно было давать приоритет при раздаче заказов Министерства обороны. Но в США, как и везде, действуют законы бюрократии: несмотря на объявляемый «конкурс», заказы раздаются по списку, чтобы реализовать принцип «всем сестрам по серьгам», т. е. никого не обидеть. В результате время от времени появляются, прямо скажем, не очень удачные проекты.

Тем временем в Советском Союзе не отстают от США: постановлением Совмина и ЦК КПСС новаторскому ОКБ Мясищева поручается разработка сверхзвукового (максимальное число М полета равно 1,8) четырехмоторного бомбардировщика М-50. На этот самолет планируется поставить двигатели 16–17 разработки Казанского ОКБ-16 П. Ф. Зубца. По сути, «зубцовские» двигатели, ведущие свое происхождение от АМ-3 (Ту-16), и по тяге, и по схеме находились в одном классе с добрынинскими (16 тонн с форсажем). Не очень понятно, из чего исходили, поручая ОКБ-16 создание двигателя для М-50. Скорее всего, это была все та же борьба за серийные заводы. В случае победы добрынинцев большой Казанский моторный завод стал бы производить ВД-7М, а ОКБ Зубца осталось бы не у дел. Но жизнь распорядилась иначе. К моменту эффектной демонстрации первого М-50 в воздушном параде в Тушино в июле 1961 г. ОКБ Мясищева уже более чем полгода назад как закрыто, двигатели Зубца еще не прошли летных испытаний и поэтому не могут быть поставлены на самолет. Самолет М-50 был красив и оригинален. Триумфальный, оказавшийся последним полет единственного четырехмоторного М-50 состоялся с двигателями ВД-7. На подкрыльевых пилонах стояли форсажные ВД-7М, а на консолях крыла — бесфорсажные ВД-7Б с временно ограниченной тягой из-за нерешенных проблем со сверхзвуковой ступенью компрессора. Во время подготовки к тренировочным полетам на борту этого самолета меняли бортовой номер для дезориентации иностранных разведок о реальном количестве таких самолетов. Двигатель «16–17» не пошел, а вот ВД-7М в составе разведчикаТу-22Р эксплуатировался долго и успешно, исключая конфуз в кавказской войне с Грузией в августе 2008 г. Но к этому времени он уже был заменен на НК-22.

Начало 1960-х. Проект фирмы «Норт Американ» «Валькирия» XB-70—ударный и разведывательный самолет США на

максимальную скорость полета 3200 км/час, или числом Маха, равном 3. Серьезная и амбициозная заявка, что видно из названия проекта. А вот двигатель J-93-GE для этого самолета, спроектированный на фирме «Дженерал Электрик», воображение не поражает. Эволюционное развитие все того же J-79-GE, что признают и сами американцы. Спустя десять лет после того, как в СССР начали проектировать ВД-7, американцы только-только приблизились к этой размерности по тяге (13–15 тонн с форсажем) на J-93. Его предшественник J-79 имел тягу в диапазоне 7–8 тонн с форсажем, т. е. в два раза меньше. Фактор размерности необходимо учитывать, помня закон «куба-квадрата». При чисто геометрическом моделировании готового двигателя, когда, казалось бы, выполняется и кинематическое подобие потока и никаких сюрпризов ждать неоткуда, можно неожиданно «напороться» на проблемы.

В Советском Союзе после конкурса в 1962 г. запускается аналогичный «Валькирии» проект самолета Т-4 в КБ П. О. Сухого. Опытные самолеты Сухого традиционно имели индексы «С» («стреловидное крыло») или «Т» («треугольное крыло»). Двигатель для этого проекта разрабатывает Рыбинское ОКБ В. Д. Добрынина тягой 16 тонн с форсажем. К 1968 г. двигатель РД36-41 готов для летных испытаний В это время Добрынин уже, к сожалению, покидает ОКБ, уходя на пенсию, и поэтому его инициалы не сохраняются в марке двигателя: остается только «номерная» марка ОКБ-36. Двигатель по схеме — традиционно «добрынинский»: одновальный турбореактивный. Многоступенчатый (11 ступеней) компрессор с поворотными рядами статорных лопаток приводится двухступенчатой турбиной. В отличие от ВД-7 многострадальную сверхзвуковую ступень компрессора заменили двумя дозвуковыми ступенями. Кроме того, появилась форсажная камера и регулируемое сужающе-расширяющееся сопло — непременные атрибуты двигателей для сверхзвуковых самолетов. Затем, как всегда, начинается длительная «обедня» — цикл обязательных испытаний: специальных, ресурсных, летных на летающей лаборатории Ту-16 и т. д., и т. п. Помимо этого, необходимо устранять дефекты, исправлять ошибки, настраивать системы, осваивать двигатель в серийном производстве. Почти десять лет работы и 30 изготовленных опытных двигателей.

Если сравнить советский РД36-41 и американский J-93-GE, то они — почти как близнецы, «американец» — чуть полегче. Это даже дало повод американцам упрекнуть Рыбинское КБ в плагиате, но, как мы уже отмечали ранее, даже при наличии технической документации воспроизвести двигатель не так-то

просто. Здесь же у ОКБ Добрынина конструкторский задел по двигателям такой размерности был побольше американского: за спиной были и ВД-7, и ВД-7М для дозвукового «3М» и сверхзвукового М-50. Так что облик двигателя для такого типа самолета определялся самим объектом и наличием опыта. Новым для ОКБ-36 и всего советского авиадвигателе-строения здесь было максимальное значение скорости полета — 3200 км/час и связанные с этим проблемы теплового состояния систем двигателя (агрегаты масло-система и т. д.) и большой степени расширения в сопле. Не нужно забывать, что температура воздуха на входе в двигатель после сжатия набегающего потока со скоростью, в три раза превышающей скорость звука, достигает свыше 300 °С. То есть ниже этого уровня температуры воздуха в двигателе нет. Как и чем охлаждать те же агрегаты? Решение — известное: агрегаты поместить в охлаждаемый контейнер, но хватит ли хладоресурса для топлива? Летные испытания показали, что все нормально.

Осуществить полное расширение в механически регулируемом (по площади критического сечения и одновременно по соотношению площадей выходного и критического сечений) сопле с большим перепадом давления и при этом не набрать лишнего веса — задача очень сложная. Створки сопла типа лепестков тюльпана — тонкие и длинные, а следовательно, жесткость их низкая. Трудно обеспечить геометрию сечения сопла, створки нужно охлаждать, а для предотвращения их автоколебаний — снабжать специальными клапанами для выравнивания аэродинамических сил, действующих на створки. Наконец, сам привод для перемещения створок является сложным узлом. Этот привод обычно представляет собой гирлянду (до 18 штук) гидроцилиндров с поршнями, управляемыми топливом под большим давлением, синхронизирующее кольцо и т. д.

Как вспоминает Самойлович, зам. главного конструктора ОКБ П. О. Сухого по проекту Т-4, о процессе создания этого уникального самолета:

«В результате «мозговой атаки» было разработано более 130 вариантов компоновочных схем, из них 34 получили полуофициальное признание и были поставлены на инвентарный учет. В том числе рассматривались компоновочные схемы с ядерными двигателями и с двигателями, работающими на водороде. На основе нескольких компоновочных схем были разработаны сверхзвуковые пассажирские самолеты. Итак, круг поисков сократился в 4 раза, но до выбора окончательного варианта было еще очень далеко. Было ясно, что компоновка

двигательной установки должна быть «пакетной», т. е. с размещением всех двигателей в одной мотогондоле. В итоге мы пришли к компоновочной схеме по типу американского стратегического бомбардировщика В-70 «Валькирия».

Это не значит, что мы копировали В-70. Просто назначение самолета диктовало эту единственно возможную компоновку. Появление в 1964 г. информации о SR-71 повергло нас в шок. При одних и тех же летных характеристиках (скорость полета — М = 3, дальность полета — 6000–7000 км) назывался вероятный взлетный вес 60–70 тонн. А мы все «ползли» за 100 тонн и ничего сделать не могли. (Самолет получился весом 114 тонн с двумя ракетами «воздух — поверхность». —А.В.). Была разработана компоновка по типу SR-71, и снова ничего не получалось. Это потом мы разобрались, что вся разница в тактическом назначении. Самолет SR-71 никогда не рассматривался в качестве ударного самолета-носителя оперативных ракет класса «воздух — поверхность».

Итак, после утверждения П. Сухим компоновочной схемы самолета с размещением двигателей в единой мотогондоле, КБ в 1966 г. приступило к разработке нового варианта эскизного проекта, а затем и к постройке макета. И как это обычно бывает, чем дальше продвигается разработка, тем больше возникает вопросов. Для нас основные трудности представляли проблемы управляемости самолета и снижения волнового и балансировочного сопротивления. Снижение волнового сопротивления достигалось за счет применения очень тонкого (относительная толщина всего 2,5 %) крыла с острой передней кромкой и фюзеляжа предельно малого с позиции размещения экипажа сечения диаметром 2 метра и большого удлинения, равного 22.

Очень остро стоял вопрос с отрывом передней опоры шасси, поэтому рассматривался вариант с установкой двух подъемных двигателей в головной части фюзеляжа. На этом настаивал главный аэродинамик фирмы И. Е. Баславский. Я думаю, что Баславский хотел перестраховаться, и связано это было с его прежним опытом. Ранее, работая в КБ В. М. Мясищева, он дал разрешение на первый взлет самолета М-50 с очень короткой взлетно-посадочной полосы завода № 23. Причем дал при наличии отрицательного заключения ЦАГИ. После этого И. Е. Баславского пригласили на Лубянку, расспросили и предупредили, что если самолет не взлетит, то будут сделаны самые серьезные выводы, вплоть до ареста.

Из-за очень малой жесткости конструкции фюзеляжа КБ столкнулось со всеми проблемами, связанными с аэ-роупругими

явлениями и появлением нелинейностей в обычной механической системе управления. Тогда главный аэродинамик КБ И. Е. Баславский первым поставил вопрос о необходимости перехода к электродистанционной системе управления. Он убедил П.О., что иного пути нет, что с традиционной системой управления ничего не получится. Конструкторы бригады систем управления, естественно, были против. Однако П. О. быстро разобрался в существе вопроса и принял решение о разработке электродистанционной четырехкратно резервированной системы управления самолетом (ЭСДУ). В авиационной историографии до настоящего времени идет спор, кто был первым в реализации этого технического решения. На первенство претендуют фирмы «Дженерал Дайнемикс» (США) и «Дассо» (Франция). В мемуарах Главного конструктора Л. Л. Селякова упоминается отом, что ЗСДУ начали отрабатывать уже на самолете М-50 В. М. Мясищева. Но факт остается фактом — первым в мире самолетом (не самолетом-лабораторией, а опытным боевым самолетом) со штатной ЭСДУ был Т-4. Правда, на первом экземпляре (изделие 101) устанавливалась резервная механическая тросовая система управления с автоматами натяжения тросов. Очень много сделал для внедрения ЭСДУ шеф-пилот фирмы, Герой Советского Союза, заслуженный летчик-испытатель СССР генерал-майор авиации Владимир Сергеевич Ильюшин.

В частности, на Методическом совете МАП, который дает разрешение на первый вылет опытного самолета В. Ильюшин, несмотря на отрицательные заключения институтов (ЦАГИ и ЛИИ), настоял на том, чтобы уже первый вылет состоялся на ЭСДУ.

В процессе разработки самолета конструкторы КБ получили 600 (шестьсот!) авторских свидетельств на изобретения. Это был поистине вал появления новых технических решений. Я считаю, что в этом прежде всего заслуга П. О. Он никогда не боялся умного, талантливого окружения, наоборот, всячески инициировал появление новых идей. Двери его кабинета всегда были открыты для любого конструктора без предварительной записи на прием. Другое дело, что застать П. О. Сухого свободным было очень трудно в силу его очень большой занятости.

Несколько слов о том, какие наиболее принципиальные новые технические решения были внедрены на самолете Т-4. В частности, это применение воздухозаборников смешанного сжатия. Есть три принципиальных типа торможения сверхзвукового потока во входном устройстве самолета до дозвуковой скорости: внешнее сжатие, когда торможение потока

заканчивается перед плоскостью входа в воздухозаборник, внутреннее — торможение потока происходит внутри воздухозаборника и смешанное — торможение потока осуществляется перед воздухозаборником и внутри него. Все современные самолеты оснащены воздухозаборниками внешнего сжатия. Воздухозаборники смешанного сжатия имели только самолеты Т-4 и В-70. Однако довести их до идеала не удалось, так как летные испытания как Т-4, таки В-70 не были проведены в необходимом объеме. На Т-4 один воздухозаборник и канал обслуживал два двигателя, на В-70 — три. Последняя схема более надежна, так как доля возмущений, приходящаяся на воздухозаборник, в случае отказа одного двигателя при двухдвигательном пакете больше, чем при трехдвигательном. Для предотвращения помпажа перед разделением общего канала на два устанавливалась створка сброса воздуха из канала большой площади.

Кстати, много лет спустя, когда Т-4 уже экспонировался на открытой стоянке в авиационном музее в Мони-но, почему-то под названием Су-100, я по случаю оказался там и стал свидетелем такой сцены. Экскурсовод-полковник объясняет, что летные испытания самолета были прекращены из-за помпажа воздухозаборника. На мой вопрос, откуда он об этом знает, экскурсовод ответил, что ему об этом рассказал Владимир Ильюшин. Пришлось защищать машину и объяснять этому полковнику, что помпажа не могло быть в принципе, поскольку самолет летал с приоткрытыми противопомпажными створками. А позже из разговора с Ильюшиным выяснилось, что этот полковник с ним вообще не разговаривал. Не думаю, что сейчас в Монино что-то изменилось, даже после моих объяснений, — красивое слово «помпаж» по-прежнему украшает рассказы экскурсоводов.

Все время работы над самолетом Т-4 ЦАГИ не оставлял нас без своих ценных указаний. Назначение В. М. Мясищева начальником института стало для многих его сотрудников неожиданностью. Заняв должность, он провел структурную перестройку института, в частности создал и совершенно новую для института организацию — лабораторию перспективного проектирования летательных аппаратов, которой вначале руководил лично. Впоследствии на ее базе было организовано новое, 10-е отделение ЦАГИ. К сожалению, отсутствие в лаборатории опытных конструкторов приводило к тому, что мы получали от них малоквалифицированные предложения и рекомендации. После всего этого как не согласиться с выдающимся авиаконструктором Р. Л. Бартини, сказавшим:

«ЦАГИ — храм науки, но слишком мраморный храм».

По-настоящему интерес к самолету Т-4 военные проявили только после войны между Израилем и рядом арабских стран в начале июня 1967 г., когда в течение шести дней израильская армия полностью вытеснила своих противников с определенных территорий. В конце июня в КБ приехал министр обороны А. А. Гречко. Встреча состоялась в макетном зале у макета Т-4. От нас присутствовали только П. Сухой и я. Докладывал сам Павел Осипович. Подводя итоги, А. Гречко сказал, что этот самолет очень нужен нашим вооруженным силам, и просил начать летные испытания не позднее 1970 г. Сухой дал такое обещание, однако выполнить его не смог — самолет поднялся в воздух только в 1972 г. Это было связано с тем, что КБ и производство не располагало необходимыми мощностями для выпуска чертежей и постройки самолета…Наземные испытания самолета, включавшие отработку двигателей и систем, рулежки проводились в июне — июле 1972 г. Наступило время первого вылета самолета Т-4 (изделие 101), который назначили на начало августа. Однако он состоялся лишь 22 августа 1972 г. Такая задержка была связана с плохими метеоусловиями. В тот год выдалось очень жаркое и сухое лето, в Подмосковье начались лесные пожары…И все же долгожданный день наступил. Первый вылет самолета прошел успешно и тем самым подвел итог напряженному десятилетнему труду коллективов КБ и производства. А по существу, это был день, когда в воздух поднялась новая эпоха в авиации.

А дальше началось загадочное. Летные испытания были приостановлены, и работа по самолету потихоньку сошла на нет. В печати приводятся разные версии приостановки работ. Одна из версий состоит в том, что ВВС, ВПК и оборонный отдел ЦК КПСС сочли эту работу неперспективной. Другая — в том, что наше правительство «разменяло» самолет Т-4 на самолет В-70. Эта версия абсолютно абсурдна. Программу В-70 правительство США аннулировало еще в декабре 1959 г. Правда, в январе 1960 г. было принято решение возобновить работы по созданию только двух экспериментальных самолетов ХВ-70. В августе 1968 г. второй экземпляр машины погиб в результате столкновения с самолетом сопровождения F-104. Мне неизвестны истинные причины прекращения работ по самолету Т-4, Сухой мне ничего не говорил. Поэтому осмелюсь предложить свою версию происшедшего. Поскольку Тушинский машиностроительный завод не мог обеспечить постройку установочной партии самолетов для проведения летных испытаний (а это 10–12 экземпляров), было подготовлено Постановление ЦК КПСС и

Совмина о запуске Т-4 в производство на Казанском авиационном заводе, где в то время серийно выпускались самолеты Ту-22. А. Н. Туполев быстро понял, что он рискует потерять серийный завод, и вышел с предложением о создании модификации самолета Ту-22 с крылом изменяемой геометрии Ту-22М в очень короткие сроки — 2–3 года. В итоге Постановление Правительства о постройке Т-4 на Казанском авиазаводе не прошло. Вопрос был решен в пользу самолета Ту-22М.

Что из этого вышло — широко известно. Бомбардировщик Ту-22М является не модификацией Ту-22, а совершенно новым самолетом. И времени на его создание ушло не 2 года, а 6 лет. Как символ туполевского лукавства сохранилось название самолета Ту-22М, хотя он по справедливости должен был бы иметь другое. Итак, у нашего КБ возникли сложности с производственной базой под Т-4. Поскольку ни ВПК, ни Госплан, ни МАП так и не смогли найти серийный завод для производства установочной партии, я думаю, что П. О. Сухой своей властью прекратил все работы по самолету, надеясь тем самым привлечь внимание к проблеме, требующей своего решения. Но «наверху» сделали вид, что ничего не произошло. Последний раз это «болото» всколыхнулось, когда по итогам пятилетки, т. е. в начале 1976 г., были подсчитаны затраты на программу, подлежавшие списанию. Разработка самолета Т-4 с учетом затрат смежников обошлась стране в 1 млрд 300 млн рублей — сумму астрономическую. Повозмущались и затихли, тем более что П. О. Сухого уже не было в живых.

Самолет Т-4 был однорежимным, рассчитанным на достижение оптимальных характеристик на большой сверхзвуковой скорости. Например, если дальность полета на скорости 3000 км/ч составляла 6000 км, то на дозвуковых скоростях — только 5000 км».

Американцы не могли смириться ни с приоритетом СССР и альянса Англия — Франция в разработке первого сверхзвукового пассажирского самолета (Ту-144 и «Конкорд»), ни с превосходством СССР в размерности реально работающих турбореактивных двигателей. Для преодоления отставания одним махом американцы решили сделать сверхзвуковой пассажирский «Боинг 2707», превосходящий по скорости полета (число Маха 2,7 против 2,2 на самолетах-конкурентах) и размеру и «Конкорд» и аналогичный ему Ту-144. Забегая вперед, отметим, что затраты на этот проект были огромны, но все равно его пришлось закрыть ввиду экономической нецелесообразности. Однако самый большой в мире турбореактивный двигатель GE4 тягой свыше 30 тонн на форсаже был-таки сделан в 1967 г. По сути, это был

увеличенный примерно в 1,5 раза по линейным размерам тот же J-93, только с девятиступенчатым компрессором (степень сжатия — 12,5). Ничего инновационного, кроме, надо думать, жуткого уровня шума, производимого этим двигателем на взлете, в GE4 не было. Автору этих строк «посчастливилось» однажды находиться около взлетной полосы на заводском аэродроме в Казани, где в это время бомбардировщик Ту-22М вначале рулил по ней туда-сюда, а потом неожиданно пошел на взлет. Рев его двигателей можно сравнить, наверное, только с ревом и видом Ниагарского водопада при нахождении на нижней смотровой площадке.

Вообще, «самый большой» — это, как правило, разовый, т. е. нежизнеспособный проект. Возможности его дальнейшего применения ограниченны. Такой же огромный (тягой 680 тонн), только ракетный двигатель F-1 для лунной ракеты «Сатурн-5» тоже после закрытия программы «Аполлон» оказался не востребован. В нашей истории тоже есть примеры «голиафов»: царь-пушка и царь-колокол. Аналоги этому есть и в природе: ныне уже вымершие динозавры. Эффект размерности, видимо, связан с жизнеспособностью через адаптивность. Двигатель GE4 завершил эпоху одноконтурных турбореактивных двигателей и в США. Начиная с 1970-х гг. применение двухконтурных двигателей становится тотальным в авиации: не только на дозвуковых транспортных самолетах, где они в 1960-е гг. вначале вытеснили турбовинтовые двигатели из-за их шума и меньшей скорости полета (ограниченной по эффективности винтов), но и в военной сверхзвуковой авиации, перешедшей к этому времени от однорежимного (сверхзвукового) применения к многорежимному (дозвуковому и сверхзвуковому).

В этой «битве гигантов» (США и СССР) остальные авиационные державы в области военной авиации остались далеко позади. А вот в коммерческой, гражданской — Европа преуспела. Успех пришел не сразу, но надолго благодаря грамотно выбранной стратегии, консолидации усилий и эффективного управления. Первым совместным (англо-французским) проектом был амбициозный сверхзвуковой (M = 2,2) пассажирский самолет «Конкорд» («Согласие»), совершивший первый вылет 2 марта 1969 г., спустя два месяца после первого вылета аналогичного советского самолета Ту-144. Это было «золотое» время дешевой нефти (до 1973 г. — очередной арабо-израильской войны «Судного дня») и отсутствия террористической угрозы (до Мюнхенской олимпиады 1972 г. с ее захватом и убийством израильских спортсменов).

И здесь нужно дать пояснение об оптимальной сверхзвуковой скорости полета. Почему если самолет сверхзвуковой, то его

крейсерская скорость полета должна быть именно в 2,2 раза больше скорости звука. Формула Бреге, представленная нами ранее, для расчета дальности полета самолета как критерия качества авиационной системы годится и здесь. Но в явном виде трудно получить зависимость дальности от скорости полета, так как и аэродинамическое качество самолета, и кпд двигателя, входящие в формулу, сами являются функцией скорости. Аэродинамическое качество самолета резко уменьшается при переходе через звуковой барьер за счет роста волнового сопротивления, а далее хоть и уменьшается, но постепенно. Кпд двигателя с ростом скорости увеличивается, так как увеличивается степень сжатия в воздухозаборнике. В результате зависимость дальности от скорости полета имеет два почти одинаковых максимума: в дозвуковой области при M = 0,8 (максимум аэродинамического качества) и в сверхзвуковой области при M = 2,2 (максимум кпд). Американцы, выбрав крейсерскую скорость M = 2,7 для своего B-2707, очень тщательно отработали аэродинамику самолета, что дало им возможность повысить аэродинамическое качество и «затянуть» падение эффективности на большую скорость. Европейцы подошли к проектированию «Конкорда» с меньшим риском. На этом проекте они отработали модель интеграции европейской авиационной науки и промышленности. Планер был французский, турбореактивный двухвальный двигатель «Олимп-593» был разработан британской фирмой «Бристоль-Сиддли». Далее, как известно, был создан успешный германско-французский концерн «Эйрбас», производящий весь спектр дозвуковых магистральных самолетов, включая новейший престижный А-380. Вначале на самолеты «Эйрбас» европейцы ставили американские двигатели. Но со временем научились делать и свои (CFMI-международный концерн с долями 50х50 американской «Дженерал Электрик» и французской SNECMA — «Societe National d'Etudes et Construction de Moteurs d'Aviation).

В Советском Союзе, разумеется, не могли «отстать», претендуя (тогда еще справедливо) на передовые позиции в авиастроении. Да и по смыслу применения на трассах Москва — Хабаровск, Москва — Владивосток и Москва — Петропавловск-на-Камчатке этот проект сверхзвукового самолета имел право на существование не меньше, чем «Конкорд» на трассе Лондон — Сидней. Началась гонка Ту-144 — «Конкорд». Проект Ту-144 стал самым престижным — под него ресурсы выделялись в приоритетном порядке. В результате нехватки ресурсов запоздали с заменой ближнемагистрального самолета Ту-134, который планировалось заменить еще в 70—80-е гг. следующим Ту-164 с

более экономичным и менее шумным двигателем. Так, Ту-134 отлетал срок амортизации в два раза больше положенного для смены поколений (40–50 лет вместо 25). Ругать его за шум и несовременность сегодня не надо — техника 1960-х не виновата, что ее эксплуатируют в 2000-х. Автор этих строк, кстати, и в американском аэропорту Сиэтла видал не так уж давно (в 1997 г.) заруливавшие на посадке весьма старые и закопченные от сажи на выхлопе DC-9 аналоги наших Ту-134.

Создание Ту-144 тем не менее стало отличной школой для конструкторских бюро, задействованных в этом проекте. К сожалению, этот проект забросили так же, как и инновационные 3М, Т-4, космический челнок «Буран», когда они были уже на выходе, а Ту-144 уже начал пробные грузовые рейсы на трассе Москва — Алма-Ата. Да, топливо подорожало, да, к сожалению, произошли известные катастрофы Ту-144 в Ле-Бурже, в которой сам самолет не был виноват, и в СССР, но надо же смотреть и в будущее. «Конкорд» отлетал свои 30 лет и закончил свою эксплуатацию эффектной катастрофой в парижском аэропорту Шарль де Голль при взлете в августе 2000 г., но это не должно останавливать прогресс. С учетом грядущего повышения роли Дальнего Востока, на взгляд автора, необходимо вернуться к созданию пассажирского сверхзвукового самолета вновь на новой технической базе. Учитывая, что полет его будет проходить полностью над территорией России, никаких надуманных ограничений по экологическим или другим мотивам не будет. А рентабельность проекта надо рассматривать в общей социально-экономической системе, а не в отдельной ее части. Как известно, Транссиб, построенный в начале XX века, тоже был нерентабельным с узкоэкономической точки зрения.

Но все это — предыстория, необходимая для понимания дальнейшей «войны моторов». Дело в том, что двигатель для Ту-144 проектировало передовое ОКБ Н. Д. Кузнецова. Это был первый в СССР двухконтурный двигатель с форсажной камерой для сверхзвукового, хотя и пассажирского самолета. ОКБ Н. Д. Кузнецова начало экспериментировать с этой схемой еще в середине 1950-х гг., предлагая двигатель НК-6 тягой 22 000 кг с форсажем только в наружном контуре на конкурс в качестве силовой установки для сверхзвукового разведчика Ту-22Р. Как мы помним, именно эта схема была запатентована А. М. Люлькой в 1937 г. Тогда НК-6 закономерно проиграл рыбинскому одноконтурному ВД-7М по массе (оказался тяжелее) и «лбу», реванш состоится позже. До выхода на Ту-144 в Самаре создавали двигатели для дозвуковой авиации: на базе «ядра» — газогенератора НК-6 был создан первый серийный двигатель НК-8

ОКБ Кузнецова для магистральных самолетов. В сравнении со своим прототипом НК-6 он имел уменьшенный диаметр вентилятора и соответственно расход воздуха.

Попытка приставить форсажную камеру к двухконтурному двигателю, чтобы расширить область его применения на сверхзвуковые скорости, является типичной. В этом случае дожигание топлива за турбиной дает возможность увеличить скорость истечения газов до оптимального соотношения 1,5–2 по отношению к увеличившейся же скорости полета. Скорость истечения, как известно, пропорциональна корню квадратному из температуры газов. Поэтому, увеличивая температуру газа от типичных 800—900К за турбиной до 2000К, мы получим увеличение скорости истечения, а следовательно, и тяги в условиях взлета в 1,5–1,6 раза. Но… в отличие от одноконтурного в двухконтурном двигателе температура газа на выхлопе ниже за счет подмешивания большой части «холодного» воздуха из наружного контура. Поэтому для подогрева его до нужной температуры 2000К в последнем случае нужно сжечь больше топлива — экономичность двухконтурного двигателя становится хуже и тем в большей степени, чем больше отношение расходов «холодного» (наружного) и горячего (внутреннего) контуров, т. е. чем больше степень двухконтурности. Поэтому на двигателях для сверхзвуковых самолетов редко применяют степень двухконтурности больше 0,5, если время полета на сверхзвуке составляет основную часть полетного профиля. Если доля времени полета на дозвуке увеличивается, то и компромиссное значение степени двухконтурности также увеличивается, максимально до величины 2,0 (двигатель F101-GE для стратегического бомбардировщика B-1 B «Рапира» с большим участком траектории полета на дозвуке).

Если посмотреть на историю развития конструкторских разработок газотурбинных двигателей ОКБ Н. Д. Кузнецова, то первое слово, которое приходит в голову для интегральной оценки этого ряда, — это добротность. Двигатели Н. Д. Кузнецова — это добротные двигатели Они выглядят добротнее своего американского аналога JT3D разработки «Пратт-Уитни», придерживавшейся схожей концепции проектирования. Имея средний уровень параметров, эти двигатели были сконструированы по принципу минимальной суммы рисков. В некотором смысле для 1960-х гг. эти двигатели были оптимальными, т. е. они, скорее всего, обеспечивали минимальную стоимость жизненного цикла (т. е. минимальную сумму затрат на обслуживание, топливо, ремонт). Прежде всего ядром, или «сердцем», большинства ряда двигателей НК был

газогенератор — 6-ступенчатый компрессор, кольцевая камера сгорания и одноступенчатая турбина. Как ядро двигателя это сочетание оптимально: механизация компрессора, а вместе с ней и проблемы ее длительной работоспособности отсутствует, умеренная нагрузка на одноступенчатой турбине идеально соответствует максимуму ее кпд. Это удачно сконструированное «сердце» долгое время было константой всех модификаций кузнецовских двигателей. Но в таком ядре получить, степень сжатия 15 и выше в то время было невозможно.

Поэтому требовалась постановка впереди дополнительных «бустерных», или подпорных ступеней, работающих только на внутренний контур (аналог наддува в поршневых моторах). Эти ступени, две или три, вместе с вентилятором, работающим на оба контура (наружный и внутренний), составляли компрессор (или каскад) низкого давления. Надежная двухвальная конструкция. Все было хорошо, пока не подорожало топливо.

В ОКБ Н. Д. Кузнецова очень тщательно занимались техническим совершенствованием отдельных элементов и узлов двигателя. Лопатки турбины, подшипниковые опоры и т. п. во множестве вариантов испытывались в лабораториях и стендах поузловой доводки. Именно на двигателе НК-12 впервые были применены литые лопатки турбины из жаропрочных сплавов. Как писал И. А. Биргер [7]: «Это предложение было технически дерзким. Несколько поколений инженеров воспитывалось на утверждении, что ответственные элементы конструкций, испытывающих большие статические и динамические напряжения, не могут быть литыми из-за более низкой пластичности. Но жаропрочность (при Т = 1000 градусов Цельсия) литых сплавов выше, чем деформируемых. Оказалось, что можно работать и с малыми показателями пластичности, если в системе отсутствуют возможности больших статических перегрузок, что свойственно лопаткам турбин». Большое внимание уделялось ресурсу узлов и двигателя в целом. Как только ресурс двигателей достиг уровня 6000 часов, возникла проблема: как проводить длительные испытания в подтверждение ресурса. Ведь годовой фонд времени составляет около 7000 часов. Получается, что несколько двигателей необходимо «гнать» без остановки целый год, а далее и два, и три года! Затраты и керосина, и времени колоссальные. А в случае возникновения дефектов испытания нужно повторять. Именно в ОКБ Н. Д. Кузнецова (М. Я. Цейтлин) была разработана технология ускоренных, так называемых эквивалентных циклических испытаний, при которых циклические нагрузки, требующие малого времени, воспроизводились полностью, а длительные статические нагрузки

заменялись более короткими этапами испытаний, но… на более высоких режимах работы. Передовые технологические процессы осваивались именно на этой фирме, прежде чем они транслировались на всю отрасль. Так, в частности, осваивалась далеко не простая технология изготовления лопаток компрессора из титановых сплавов.

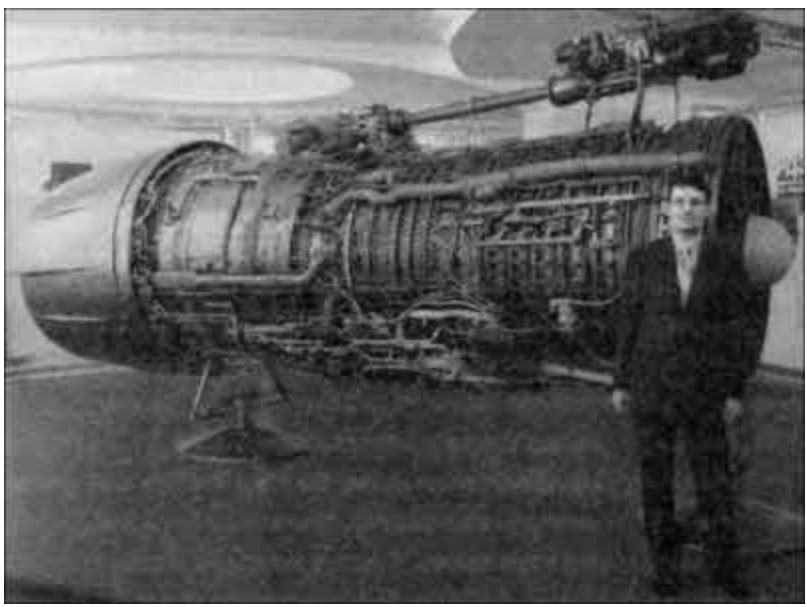
О драматической конкурентной «войне моторов» ОКБ Н. Д. Кузнецова и ОКБ П. А. Соловьева на этом дозвуковом поприще более подробно рассказано ниже — в главах «Мотор для перехватчика» и «Последний из «могикан». Но и здесь для пассажирского сверхзвука столкнулись конкуренты: уже зарекомендовавшее себя на военном сверхзвуке Рыбинское ОКБ-36 В. А. Добрынина и не менее опытное ОКБ Н. Д. Кузнецова в области гражданского дозвука. А нужен был симбиоз: двигатель для гражданского сверхзвука. Кому отдать предпочтение? Как и все первые двухконтурные двигатели с форсажем в мире, НК-144 получили, по сути, «пристыковкой» форсажной камеры к готовому дозвуковому НК-8. Обычно из этого приема нового качества не получается, как свидетельствует опыт.

Если же по-честному, то надо идти от объекта, т. е. посчитать, какой из двух двигателей дает наилучший интегральный результат в дальности по траектории полета самолета, включая взлет, набор высоты и крейсерский полет. Проект Ту-144 вел сын А. Н. Туполева — Алексей Андреевич Туполев. Почему первоначально выбрали для Ту-144 двухконтурный двигатель Кузнецова с весьма средним уровнем температуры газа перед турбиной, остается загадкой. Где была наша авиационная наука в лице уважаемых центральных институтов ЦИАМ и ЦАГИ? Впрочем, нашей авиационной науке верить можно далеко не всегда — и дальше будут примеры этого. В общем-то, исходя из личного небольшого опыта общения с А. А. Туполевым, автор этих строк вынес впечатление, что последний, по крайней мере, в двигателях разбирался слабо. А это значит, что вопрос о выборе двигателя решался априори: ведь расчетам можно «не верить». Тем более что всегда есть «альтернативные» расчеты конкурентов. Если главный конструктор не понимает сути дела, то дело плохо — он запутается в противоречивых мнениях.

Скорее всего, при выборе двигателя могли сыграть совсем другие обстоятельства. Дальше — больше. Чудачества с двигателем продолжились. Похоже, что на туполевской фирме расчетам вообще не верили — однажды напоровшись на нехватку тяги двигателя при переходе через звуковой барьер (по собственной, кстати, вине — не задали в ТЗ на двигатель соответствующую реперную точку), когда резко возрастает

волновое сопротивление, теперь пытались сделать запас по тяге «на всякий случай». Но ненужный запас — это лишний вес и время на доводку. Когда туполевцы разобрались уже после натурных летных испытаний, что этот запас тяги не нужен и все в порядке, как по расчету, то потребовали от мотористов убрать лишний вес. А это — опять время, лишние испытания и т. д., и т. п. Время в авиационной технике имеет колоссальное значение, по сути, является одним из параметров оптимизации системы.

Казалось бы, и зарубежный опыт, который всегда выполнял арбитражные функции у нас в стране, должен был склонить выбор в пользу не двухконтурного НК-144, а в пользу одноконтурного проекта добрынинского бесфорсажного РД36-51 в классе тяги 20 тонн: ведь и «Олимп-593», и GE4 были классическими одноконтурными двигателями. Только первый — двухвальный, а второй — одновальный. Тем более что и по расчетам получалась большая дальность самолета в варианте с РД36-51 из-за большой длительности крейсерского полета на сверхзвуке без форсажа (как и у «Олимпа»), где одноконтурный двигатель имел преимущество в экономичности перед двухконтурным. Но… получился зигзаг. Разработку РД36-51 придержали на три года до момента, когда Ту-144 уже начал полеты с двигателем НК-144. А ведь прежде, чем получить разрешение на летные испытания в составе самолета, необходимо провести еще комплекс длительных и дорогих натурных испытаний двигателя на стенде, на высотном стенде, на летающей лаборатории и т. д.



Самый мощный советский одноконтурный турбореактивный двигатель РД36-51 для самолета Ту-144Д.

Вначале сделали НК-144, недополучили заявленной дальности на 2500 км в сравнении с «Конкордом», а затем срочно сделали РД36-51 с системой ДФТ (дополнительное форсирование тяги — этакая мини-форкамера) «по просьбе главного конструктора» — тот самый «запас по тяге». «Ограниченный форсаж» имел место и на «Олимпе» и на американском GE4 — поэтому и здесь, невзирая на расчеты, «попросили» сделать то же самое. А ведь разница между РД36-51 и зарубежными аналогами была принципиальная. При близких взлетных весах «Конкорда» и Ту-144 двигатель РД36-51 был мощнее «Олимпа» — его бесфорсажная тяга на взлете была такой же, как у «Олимпа» на форсаже. А близкий по размерности (расходу воздуха) к РД36-51 американский GE4 ставился на самолет В2707 существенно большего веса. Поэтому применение ограниченного форсажа и на «Олимпе», и на «американце» было оправданным, а на РД36-51 ненужным. Другой вопрос, что бесфорсажный РД36-51 получился в этом случае переразмеренным по массе в сравнении с «Олимпом», но это уже вопрос выбора концепции. Иметь форсажную камеру со своей (дополнительной) топливной системой на пассажирском самолете — тоже не «сахар». Ведь для пассажирского самолета еще был нужен и реверсор тяги, который сделали-таки в Рыбинском ОКБ (при посадках Ту-144 с двигателем НК-144 использовались тормозные парашюты, что, конечно, не красило самолет). Короче, можно было сообразить без всяких расчетов, что зарубежная аналогия с применением форсажа для РД36-51 не работает.

Двигатель РД36-51 поставили на самолет, получивший индекс Ту-144Д («дальний»), и получили хорошие результаты — дальность увеличилась на 2200 км. Пресловутое ДФТ оказалось ненужным. Контрольный полет самолетов на дальность в России осуществляется, как правило, по маршруту Москва — Хабаровск. 22 февраля 1977 г. такой полет самолета Ту-144Д состоялся. Время в пути составило 3 часа 23 минуты (!), правда, без коммерческой нагрузки. Просматривалась перспектива создания на базе Ту-144Д 150-местного самолета с дальностью свыше 8000 км. Для этого нужен был двигатель со взлетной тягой 23–24 тонны. Создание такого двигателя было вполне реальным делом на базе того же РД36-51, и в 1972 г. в ОКБ-36 приступили к работе.

Но… время ушло, и амбициозный проект в 1980 г. закрыли совсем, а затраты списали. Легко распоряжались народными деньгами в пользу корпоративных интересов. Куда смотрел ЦК КПСС, непонятно. Туполевское ОКБ в это время уже вовсю занималось проектом новых бомбардировщиков. Вначале выдвинув проект якобы модификации Ту-22 (Ту-22М) для защиты своего серийного завода в Казани от П. О. Сухого с его проектом Т-4, а затем и противовеса объявленного в США к этому времени нового поколения бомбардировщиков. А уникальный двигатель РД36-51 для Ту-144Д закрыл собой эпоху одноконтурных двигателей в советской авиации, так же как и его близкий аналог GE4 в американской. РД36-51 был все тем же развитием газотурбинных двигателей серии ВД-7 с увеличенным более чем в полтора (!) раза расходом воздуха и в два раза тягой (до возможных 24 тонн в модификации РД36-51 А), а также увеличенной степенью сжатия в компрессоре (с 9 до 15 при развитии компрессора от 9 до 14 ступеней). Температура газа перед турбиной была уже на уровне 1200–1250 °С. Интересно сравнить эти два двигателя — последних представителей одновальных турбореактивных двигателей.

Ниже в таблице представлены параметры двигателей для СПС (сверхзвуковых пассажирских самолетов), проекты которых опередили свое время.

Параметр	РД36-51	GE4	«Олимп»	НК-144
Тяга, кг Без форсажа С форсажем	21 000 —	23 360 31 100	14 000 17 400	13 000 17 500
Расход воздуха, кг/с	282	287	188	250
Температура газа перед турбиной, ^{0}C	1170	1204	1180	1000
Степень сжатия	15	12,5	14	15
Степень двухконтурности	0	0	0	1,0
Схема (количество ступеней компрессора и турбины)	**14+3**	**9+2**	7+**7—1**+3	2+3+**6—1**+2

Кстати, одним из факторов, ограничивающих повышение экономичности одноконтурных турбореактивных двигателей, была трудность получения в компрессоре этой схемы двигателя больших (20–40) степеней сжатия из-за узкого диапазона устойчивой работы компрессора по режимам. В случае двухконтурной схемы двигателя компрессор, часть которого

работает на оба контура, получает свойство адаптивности благодаря возможности свободного перераспределения воздуха между контурами. Но для того чтобы двухконтурные двигатели вытеснили обычные турбореактивные двигатели из боевой авиации, нужен был дальнейший шаг вперед по повышению температуры газа перед турбиной, т. е. были нужны новые материалы и новые конструкции охлаждаемых лопаток турбин. И такой шаг в авиационных технологиях в начале 1970-х гг. был сделан.

А между тем американские военные не успокаивались. После отказа от гиперзвука «Валькирии» как средства неуязвимости специалисты пришли к выводу об использовании для этой цели предельно малых высот полета. Как известно, средства дальнего обнаружения ПВО бессильны против объектов, летящих на малых высотах. Для реализации этого качества в США стали разрабатывать дальний стратегический бомбардировщик В-1, способный летать на малой высоте с большой дозвуковой скоростью, отслеживая рельеф местности. Многорежимность его использования обусловила и его внешний облик: крыло переменной стреловидности и силовая установка, состоящая из двухконтурных двигателей (со степенью двухконтурности 2,0) с форсажной камерой. Вооружение этого самолета тоже было инновационным: вращающиеся барабаны, как у револьвера, только вместо патронов заряженные крылатыми ракетами с ядерными боеголовками.

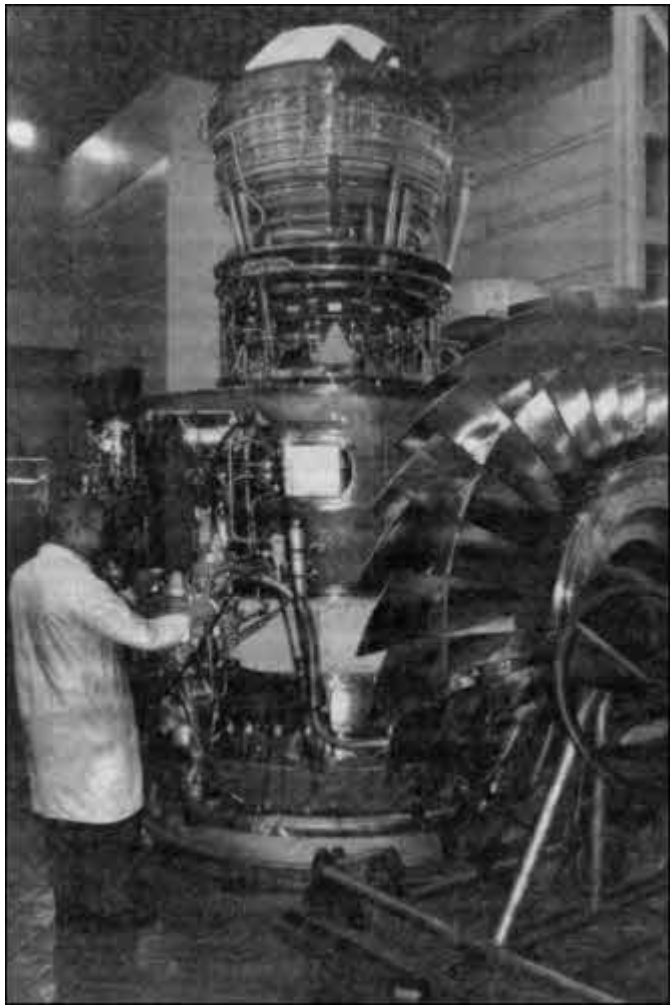
Особенности двигателя, входящего в состав силовой установки этого нового бомбардировщика В-1, будут рассмотрены в следующей главе. А здесь мы коснемся советского ответа на новый американский вызов.

Начало 1970-х. Закладывается новое поколение боевых самолетов: перехватчик МиГ-31, самолеты воздушного боя тяжелый Су-27 и легкий МиГ-29, самолет вертикального взлета и посадки для ВМФ Як-141. Среди этого ряда и новый стратегический бомбардировщик Ту-160. Вернее, даже не бомбардировщик, а авиационная система оружия: носитель крылатых ракет по типу американской «Рапиры» В-1В. Наконец-то найдено авиационное (составное) решение стратегической задачи ядерного сдерживания. Двигатели для всех этих самолетов — турбореактивные двухконтурные с форсажем.

При выборе двигателя для Ту-160 колебаний не было — разработка ОКБ Н. Д. Кузнецова. Это был уже третья попытка захода ОКБ в тематику сверхзвуковых тяжелых самолетов: Ту-22, Ту-144 и вот теперь Ту-160. К этому времени в двигателях был достигнут уровень температуры перед турбиной 1250 °С (1500К),

и это потребовало кардинального отхода от классической схемы НК-8 — чтобы реализовать термодинамические возможности повышения экономичности, нужно было вслед за температурой повышать степень сжатия. Наращивание ступеней в компрессоре высокого давления отбрасывало бы ОКБ от доведенного высокотемпературного ядра двигателя к началу доводки. Увеличение же ступеней в «бустере» неэффективно из-за низкой окружной скорости и, следовательно, располагаемой работы сжатия в компрессоре — требуется добавление не одной, а нескольких ступеней. Это влечет за собой увеличение длины валов, проблемы с опорами и т. д.

Именно в это время Н. Д. Кузнецов принимает решение о переходе от двухвальной с «бустером», условно схемы Пратт-Уитни, к трехвальной (роллс-ройсовской) схеме двигателя, которая решает все эти проблемы, но и… ставит новые. Трансмиссия становится очень сложной — три вала один в другом. Для серийного производства таких двигателей требуется высокая технологическая культура изготовления и сборки, чтобы обеспечить соосность трех валов. Это своего рода экзамен на высочайший уровень культуры производства газотурбинных двигателей. К этому времени технология сборки двигателей существенно изменилась: для достижения соосности роторов сборка ведется на… вертикально установленном двигателе с применением лазерного луча.



Вертикальная сборка современного двухконтурного двигателя ПС-90А.

В мире существует только три фирмы, серийно производящие трехвальные двигатели: «Роллс-Ройс», Самарское ОКБ Н. Д. Кузнецова (серийное производство в Уфе) и Запорожское ОКБ с серийным заводом, имеющим сегодняшнее название «Мотор-Сич». Автор этих строк бывал на Уфимском моторном заводе, ведущем свое происхождение, как мы помним, от эвакуированных из Рыбинска завода № 26 и еще двух моторных заводов. Вообще, это самый крупный моторный завод в России (и был самым крупным и в СССР). Огромная, почти безбрежная территория, большое количество испытательных стендов,

большая номенклатура выпускаемой продукции. И люльковские АЛ-31Ф, и (по кооперации) кузнецовские трехвалки НК-32, и Р95Ш, двигатели для массового армейского штурмовика Су-25 — все это изготавливается в Уфе и сегодня.

Что еще можно придумать в военных технологиях обеспечения неуязвимости авиационных систем с учетом быстрого развития средств ПВО? Придумать можно много чего, но вот сделать… Следующее поколение стратегических бомбардировщиков США воплотило в себе идею физической незаметности. С применением этой технологии в США были сделаны стратегический бомбардировщик В-2 и ударный самолет F117, потерпевший фиаско в Югославии в 1999 г. от системы югославской ПВО.

Для иллюстрации снижения заметности в радиоволновом диапазоне излучения ниже в таблице представлены уровни эффективной площади рассеивания (ЭПР) для различных самолетов. Здесь ЭПР — это площадь круга, уровень радиоотражения от которого равен радиоотражению от самолета. Автор не несет ответственности за эти опубликованные на Западе показатели. Вполне возможно, что они являются дезинформацией ввиду их важности.

Вот уж где прогресс налицо! В сравнении с бомбардировщиком первого поколения В-52 эффективная площадь рассеивания «незаметного» В-2 уменьшилась (по рекламным данным зарубежных источников) в 4000 раз и достигла уровня отражения птицы! За счет чего это достигнуто? Отсутствие вертикальных стабилизаторов и острых углов, применение композитных материалов с радиопоглощающими свойствами за счет ячеистой структуры (многократное отражение радиосигнала с затуханием и последующим превращением поступающего направленного радиоизлучения от радара в диффузное тепловое излучение во все стороны), обеспечение отклонения лучей передающей РЛС от принимающей за счет специальной формы самолета. Но и стоит такой самолет по 1 млрд долларов за штуку. Прогресс в двигателях, конечно, не столь впечатляющ.

№ п/п	самолет	ЭПР ($м^2$)
1	B-747	100
2	B-52	40
3	B-1B, T-50	0,4
4	B-2 (рекламные данные)	0,01

Был ли «советский стелс»? Да, был, но только на стадии

опытных работ — дальше не успели: началась так называемая «перестройка». Главным конструктором «стел-са» был известный Н. С. Черняков в КБ Сухого, и это был плохой признак. Н. С. Чернякову не везло: он был главным конструктором закрытого на стадии опытных работ проекта стратегической крылатой ракеты «Буря» у Лавочкина до перепрофилирования его КБ на космическую тематику, затем главным конструктором также закрытого уникального самолета Т-4. Та же судьба постигла и «советский стелс», хотя, как и все проекты КБ Сухого, этот самолет был новаторским. Планировалось, что этот самолет будет почти «электрическим», т. е. с минимумом гидравлических и механических связей и полной интеграцией электронных систем управления двигателя и самолета. Подробнее об «электрических» самолетах написано дальше. Первый экземпляр самолета уже начали делать в Новосибирске. По размерности этот самолет был значительно меньше американского B-2, т. е. «советский стелс» не был стратегическим бомбардировщиком.

Его силовая установка по проекту должна была состоять из двух двигателей тягой по 18 тонн разработки ОКБ-300, т. е взлетный вес самолета был меньше 100 тонн.

Как раз в это время ОКБ-300, потеряв позиции в «мейнстриме» основных самолетов воздушного боя, попыталось сделать нишевый продукт — двигатель Р79-300 для вертикально взлетающего самолета Як-141 морской авиации. Двигатель Р79-300 кардинально отличался от своих предшественников разработки этого же ОКБ. Во-первых, он был двухконтурным с большой для военных (скоростных) двигателей степенью двухконтурности, равной 1. Во-вторых, он имел поворотное на 90° сопло, что в сочетании с впереди установленным подъемным двигателем (РД36-35, или РД-38, разработки Рыбинского ОКБ) обеспечивало самолету вертикальные взлет и посадку. В-третьих, в отличие от пионера двигателей вертикального взлета «Пегас» разработки «Бристоль-Сиддли», Р79-300 имел форсажную камеру, что обеспечивало сверхзвуковой полет самолету. Короче, это был инновационный двигатель, по сути, аналог суперсовременного F136 для американского JSF F-35 «Локхид-Мартин», только с большей массой — число ступеней турбины в нем было в два раза больше, чем у нынешнего «американца». Уровень конструкторских разработок ОКБ-300 был традиционно высок, особенно в области охлаждаемых лопаток турбин (фирменной разработкой была конструкция паянной из двух половин лопатки с высокой эффективностью охлаждения), но, как оказалось, и не только в ней. Конструкция поворотного сопла оказалась настолько удачной, что в 1990-е безденежные годы эту разработку

купили, или, еще более точно, «оторвали с руками», американцы. Сегодня именно на американском F136 можно увидеть это «советское» поворотное сопло. В общем, двигатель Р79-300 обещал быть очень перспективным, особенно если бы его еще и поставили на «советский стелс». Но… не судьба — СССР «развалился», а вместе с ним и мощный советский авиапром.

На двигателе «стелса» П. О. Сухого должно было быть установлено так называемое «плоское» (т. е. с выходным сечением не круглой, а сильно вытянутой прямоугольной, почти щелевой формы) сопло с отклоняемым вектором тяги, экранирующее прямое инфракрасное излучение от турбины. Благодаря изменению вектора тяги с помощью отклонения плоских панелей сопла решалась извечная проблема отрыва передней стойки шасси при взлете — вектор тяги отклонялся… вверх, создавая нужный момент для отрыва шасси спереди. Это сопло было изготовлено и проходило летные испытания на Су-27. А с Н. С. Черняковым автор лично встречался по работе, и он произвел на него сильное впечатление, как и многие инженеры КБ Сухого.

А с распадом СССР в 1991 г. закончилось и бездумное пиршество авиапрома (вслед за таким же безумием ВПК США), описанию небольшой части которого была посвящена настоящая глава. Еще в конце 1980-х гг. собирались строить новые заводы авиационной промышленности, в частности большой моторный завод в Ульяновске — разметка площадки уже была сделана. Очевидное экономическое безумие. Несмотря на то, что авиационная техника к этому времени усложнилась и подорожала на порядок в сравнении с 1930-ми гг. и соответственно требовала для управления разработками глубоко продуманной стратегии, мышление в советском ВПК оставалось на прежнем, тактическом уровне. «Армиями» командовали, как «полками». Морская команда для судов, идущих кильватерным строем, «поворот все вдруг» использовалась слишком часто в советском авиапроме.

САМОЛЕТ ВОЗДУШНОГО БОЯ

Если в 1950-е гг. в СССР пытались решить с помощью авиации главную стратегическую задачу обеспечения безопасности страны, разрабатывая «оружие возмездия» в виде стратегических бомбардировщиков, то после переориентации на баллистические ракеты в 1970-е основной упор был сделан на противостояние в небе в виде самолетов воздушного боя. К этому времени оказалось, что «большая» война остается только как угроза, а вот локальные «горячие» конфликты с использованием авиации периодически возникают в разных районах планеты. И оказывается, что проигрыш в этом локальном военном противостоянии глобальных игроков США и СССР может привести не только к политическому поражению СССР, но и к искушению США развязать масштабную войну из-за проявленной военно-технической слабости Советского Союза в области авиации. То есть поражение в локальных воздушных боях могло привести к эскалации конфликта в «большую» войну.

Как мы помним, понятие самолета воздушного боя сформулировал великий Джулио Дуэ еще в 1920-е гг. Он же теоретически и разработал его облик. Но к этому идеалу авиация шла 80 лет. Нужны были достижения в аэродинамике, материалах, силовых установках, радарах, вооружении, чтобы приблизиться к идеалу. И, как почти всегда бывает в логике технического прогресса, при достижении совершенства происходит… вырождение первоначального содержания. Тупик. Совершенство (американский «Рэптор» F-22) оказалось настолько дорогим — цена одного самолета 250 млн долларов, что массовое производство и применение этих самолетов оказалось запредельным по стоимости. А «немассовый» самолет воздушного боя — это уже «оксюморон», неизвестно что. Необходима смена парадигмы. Хотя «Рэптор» — идеал «по Дуэ», кроме… цены. Но про цену самолета воздушного боя Дуэ ничего не написал. Паллиативным (по цене) решением выглядит разработка самолета F-35 «Lightning-2» («Молния-2»), он так и называется — «объединенный штурмовик-истребитель» — Joint Strike Fighter (JSF). Почему «Молния-2»? Да потому, что «Лайтнинг» уже был в истории американских ВВС во Вторую мировую войну. Это был P-38. В 1960-ё был свой оригинальный «Лайтнинг» и в Королевских ВВС Великобритании: два мотора на нем были расположены вертикально друг над другом, как на ижевской двустволке с нарезным и гладким стволами.

Но для «идеала Дуэ» F-35 недостаточно «тяжел» (маловато

вооружения), да и имеет только один двигатель в силовой установке. Правда, в части универсальности применения этот будущий массовый самолет превзошел идеал Дуэ — JSF может взлетать вертикально (!). До этого Дуэ тогда не додумался.

Ниже представлены поколения самолетов воздушного боя.

Номер поколения	Самолеты воздушного боя (двигатели)	Год первого вылета	Самолеты воздушного боя (двигатели)	Год первого вылета
1	F-86 (J-47-GE)	1947	МиГ-15 (ВК-1)	1947
2	F-4 (J-79-GE)	1958	МиГ-21 (Р11-300)	1956
3	SR-71 (J-58-PW)	1964	МиГ-25 (Р15-300)	1967
4	F-15 (F100-PW)	1972	Су-27 (АЛ-31Ф) МиГ-31 (Д-30Ф6)	1977 1975
5	F-22 (F119-PW) F-35 (F136-GE/RR)	1997	Т-50 (АЛ-51Ф)	2010

Интересно посмотреть с исторической точки зрения, как изменялись концепции применения, а следовательно, и проектирования самолета воздушного боя. Эти концепции, а их было всего две: либо маневренный бой, либо «выстрелил и забыл», периодически, как на качелях, сменяли друг друга Вначале, сразу после Второй мировой войны, с появлением скоростных реактивных истребителей советская военная авиационная «наука» (если она вообще когда-то существовала), в общем-то, логично сделала вывод о том, что новая техника своим появлением радикально меняет и тактику ее применения. Поскольку основной тактикой поршневых истребителей Второй мировой войны был маневренный бой, то с появлением реактивных истребителей, скорее всего, будет происходить обмен ударами, как на дуэли. То, что позже с легкой руки американцев начали называть «выстрелил и забыл». Следовательно, для этих самолетов не нужны средства механизации крыла (тормозные щитки и прочее), необходимые для маневрирования, в том числе и скоростью. «Чистое» крыло позволяет улучшить весовые характеристики, уменьшить сопротивление и тем самым получить преимущества в скорости, что для скоростного самолета является главным критерием. Скорость, скорость и еще раз скорость!

Однако реальные воздушные бои в Корее между МиГ-15 и его американским аналогом F-86 «Сейбр» («Сабля») показали, что характер боя мало изменился по сравнению с предыдущей

войной. А «Сейбр» был приспособлен как раз для такого типа воздушного боя. Навязав тактику маневренного боя «мигам», американцы получили преимущество, так как их самолеты могли тормозить и осуществлять разворот на меньшей скорости, а следовательно, и с меньшим радиусом разворота. Только переброска авиадивизии под командованием трижды героя Н. Кожедуба с опытными летчиками, имевшими большой боевой опыт минувшей войны, выровняла положение. Соотношение потерь наших и американских самолетов достоверно неизвестно. По своим официальным данным, американцы потеряли свыше 200 истребителей, часть из которых, надо думать, небольшая, была потеряна от зенитного огня. Американцы же приводят и, по-видимому близкое к реальности, соотношение потерь советских и американских самолетов 1,3:1,0, выделяя при этом то обстоятельство, что при пилотировании «мигов» китайскими или корейскими летчиками соотношение потерь было выше из-за худшей квалификации последних.

Наступил конец 1950-х. Теперь, наученные опытом, советские авиаконструкторы проектируют самолет воздушного боя следующего поколения в расчете на возможность маневрирования на виражах. Наиболее известным и широко распространенным самолетом этого поколения стал сверхзвуковой одномоторный МиГ-21. Переходные модели МиГ-17, МиГ-19 в этом смысле малоинтересны, за исключением одной особенности МиГ -19 — силовой установки. Впервые на легком истребителе силовая установка состоит из двух микулинских любимых им двигателей АМ-5 очень небольшой тяги — по 3000 кг с форсажем. В это время А. А. Микулин увлекся теорией подобия, которая гласит (все тот же закон «куба-квадрата»: вес пропорционален диаметру в кубе, а тяга — диаметру в квадрате), что оптимальная с точки зрения минимального веса размерность двигателя должна быть именно такой, а, соответственно, количество двигателей на самолете должно определяться суммарным уровнем потребной тяги. Двигатель АМ-5 (и его развитие АМ-7 и АМ-9/ РД-9) оказался действительно легким, а МиГ -19 — удачным самолетом, в том числе и по надежности из-за наличия двух двигателей. Но… с увеличением взлетного веса самолета и требуемым снижением затрат на обслуживание эта «оптимальная» размерность двигателя долго не продержалась. Хотя сегодня у нас применяются только двухдвигательные самолеты воздушного боя.

Американцы же в это время, наоборот, постепенно переходят от маневренного самолета к концепции применения «выстрелил и забыл». Для этого самолет надо делать с мощным ракетным вооружением и радаром большой дальности. Вообще наличие или

отсутствие пушки на самолете лучше всего свидетельствует о приверженности проектировщиков самолета к той или иной концепции. Пушка — это для маневренного боя на близкой дистанции, а управляемая, или, еще лучше, самонаводящаяся, ракета «воздух — воздух» — это для концепции «выстрелил и забыл». Очевидно, самолет при реализации концепции «выстрелил и забыл» «тяжелеет», как и предвидел Дуэ. Появляется необходимость постановки второго мотора («многомоторность») и… второго пилота-штурмана (оператора вооружения). Кроме того, возрастают требования и к экономичности мотора — самолету нужна большая дальность полета. Экономичность, как мы помним, — это повышение температуры газа перед турбиной и степени сжатия в компрессоре. Облик двигателя тоже начинает меняться.

У американцев тоже имелся ряд переходных малоудачных одномоторных моделей («Супер Сейбр» F-100, затем F-101, F-102, F-104, печально известный сверхзвуковой «летающий гроб», бившийся при посадке из-за высокой посадочной скорости, F-105, F-106). Многие из них участвовали в следующей локальной войне — во Вьетнаме.

Интересно посмотреть мировые скоростные достижения самолетов в этот переходный период 1950-х гг., когда разрабатывалось максимальное количество типов самолетов (фаза подъема инновационной волны реактивной авиации). Именно в эти годы произошел переход к сверхзвуковой скорости полета. Официальные мировые рекорды скорости в это время выглядели следующим образом.

№ п/п	Год	Максимальное число М	Максимальная скорость (км/час)	Тип самолета
1	1953	1,14	1215	«Супер Сейбр» F-100A
2	1955	1,24	1323	«Супер Сейбр» F-100C
3	1957	1,82	1943	«Вуду» F-101
4	1958	2,12	2259	«Старфайтер» F-104
5	1959	2,30	2455	«Дельта Дарт» F-106

Надо отметить, что советские самолеты того времени не отставали по скорости от американских. Так, в 1954 г. опытный самолет МиГ-19 с двигателем РД-9Ф достиг скорости, соответствующей числу М = 1,4, но можно ли считать это рекордом того времени? Он официально не был зарегистрирован. Для официальной регистрации ракорда требуется выполнение специальных требований по полету (горизонтальный полет, определенная высота полета, контрольный участок и т. д.),

включая предоставление записи полных полетных данных.

В этой серии американских «соток» отдельно выделяется сверхзвуковой тактический ударный самолет F-111 — носитель ядерного оружия, который интересен многим, в том числе и двигателем. Вернее, тем опытом, как не надо его проектировать. Самолет F-111 безусловно инновационный — на нем впервые применены крыло изменяемой стреловидности и двухконтурный двигатель с форсажной камерой. Эти особенности позволяли перейти от однорежимного (дозвуковой или сверхзвуковой) полета самолета, какими были предыдущие модели, к многорежимному. То есть этот самолет мог длительно лететь на дозвуковом режиме полета, выигрывая в дальности, а затем при прохождении зоны ПВО переходить на сверхзвук. Кроме того, для снижения волнового сопротивления на сверхзвуке двигатель был максимально «интегрирован» в самолет.

Что это значит? При компоновке двигателя на самолете всегда возникает проблема примирения противоречий между планером и силовой установкой. Для само-летчиков идеальным с точки зрения аэродинамики является чистый планер без мотора, который создает одни неприятности: имеет большой вес, габариты, требует или обтекателя или места в фюзеляже, демаскирует самолет на радаре противника, увеличивая так называемую ЭПР (эффективную площадь рассеивания) самолета в основном за счет отражающей поверхности воздухозаборника. Да и в инфракрасном излучении двигателю принадлежит главная роль, что делает самолет уязвимым для ракете ИК-головками наведения.

Двигателю самолет тоже «не нравится»: вместо приятного плавного лемнискатного (как на стенде) входа, обеспечивающего подвод невозмущенного потока воздуха к компрессору, на сверхзвуковом самолете воздухозаборник имеет острые кромки. Это обусловлено необходимостью иметь минимальное волновое сопротивление на сверхзвуке, но при изменении угла атаки самолета или работе на нулевой скорости полета (на старте) с этих кромок идет срыв, т. е. мощная вихревая пелена на вход в двигатель, что для «нежного» компрессора плохо. Для своей нормальной работы двигатель требует незагроможденного входа воздуха в компрессор, лучше по всей окружности кольцевого сечения на входе в компрессор. На первых моделях самолетов (вплоть до МиГ-21 включительно) так и делали: воздухозаборник двигателя располагался прямо по оси центроплана самолета. Но вскоре это пространство потребовалось для размещения радара, и двигатели получили «боковое» место на самолете с соответствующими проблемами организации забора воздуха при

минимальном внешнем сопротивлении.

Универсального способа примирения этих противоречий нет для любого типа самолета. Приходится выбирать: либо «незаметность» — и тогда о маневренности нужно забыть: «стелсы» летают «блинчиком», т. е. в узком диапазоне углов атаки, либо маневренность — и тогда «незаметность» отходит на второй план. На «стелсах» двигатель упрятан заподлицо с фюзеляжем (чтобы «не выступал» и не увеличивал ЭПР) либо снизу, либо сверху в специальных «желобах», но в этом случае увеличение угла атаки при маневре приводит к сплошному срыву потока на входе в двигатель — последний теряет работоспособность, входит в помпаж. На маневренных самолетах двигатель обычно вынесен в отдельные мотогондолы со свободным доступом воздуха в компрессор, что позволяет изменять угол атаки самолета в широком диапазоне, не оглядываясь на ограничения по двигателю. Но с незаметностью в этом случае будет хуже.

Когда проектировали F-111, о «заметности» специально еще не задумывались. Но аэродинамику самолета старались «вылизать» и «вылизали» в ущерб двигателю.

Вход в двигатель оказался сильно стеснен: воздухозаборники находились сбоку между крылом и фюзеляжем с загромождением кольцевого сечения входа на 75 %. Это, конечно, обусловило сильную неоднородность потока на входе в компрессор, которая увеличивалась при изменении скольжения самолета или его угла атаки. Все бы ничего, если бы эти особенности были учтены при выборе двигателя. Но на самолет поставили то, что было — TF-30, по сути, модификацию гражданского двухконтурного двигателя JT8D, дополнив его форсажной камерой. Особенностью этого двухвального двигателя было наличие «бустерных», или подпорных, ступеней на валу низкого давления. А эти ступени очень чувствительны к возмущениям потока на входе. В результате самолет F-111 оказался капризен, очень строг к незначительному отклонению от инструкции по эксплуатации. Чуть что — сразу помпаж. Эволюцию входного устройства — сверхзвукового воздухозаборника — можно проследить, сравнив их на самолетах F-111 и F-22. Оба вписаны в пространство между крылом и фюзеляжем, но во втором случае прямоугольный вход без загромождения сечения: опыт F-111 даром не прошел.

Кроме того, при проектировании двигателя TF-30 ухитрились выбрать числа оборотов роторов высокого и низкого давления кратным (10000 об/мин и 5000 об/мин), в результате чего сделали невозможным диагностику состояния роторов по частоте вибраций: то ли это первая форма колебаний ротора высокого

давления, то ли вторая форма — ротора низкого давления. Были и другие проблемы. В общем, первый военный двухконтурный двигатель оказался крайне неудачным.

Малоудачным оказался и шведский подобный опыт. В попытках сохраниться как авиационная держава хотя бы в нише истребителей шведы купили у американцев гот же гражданский двигатель с подпорными ступенями JT8D и, приставив к нему форсажную камеру, получили «ублюдка» RM.8 После этого «бустерные» ступени никогда не использовались на военных двигателях. Англичане, закупив у американцев «Фантомы», о которых речь идет ниже, просто поставили на него свою модификацию гражданского двухконтурного двигателя «Спей» с форсажной камерой. Бустерных ступеней «Спей» не имел, но переделка гражданских двигателей в военные показала, что для боевых самолетов двухконтурные двигатели надо проектировать специально. Позже это подтвердил и отечественный опыт.

Но вот, наконец, в 1961 г. появляется на вооружении США и чистый образец нового поколения самолетов — двухдвигательный «Фантом» F-4. Новизна видна и в смене индексации самолетов: «сотые» индексы исчезли, начали опять с «нуля». «Фантом» F-4 — самолет «тяжелый» (взлетный вес 20 тонн), а вот в пару к нему тоже двухдвигательный «Нортроп F-5» — самолет легкий. Двигатель на «Фантоме» — J-79-GE, одновапьный турбореактивный с многоступенчатым компрессором, особенностью которого является большое количество рядов поворотных лопаток статора. Это позволяет обеспечивать устойчивую работу компрессора (без помпажа) в широком диапазоне режимов, т. е. сделать компрессор адаптивным. Вообще-то это — шедевр механики для своего времени.

Позже ОКБ Люльки сделало такой же компрессор на двигатель АЛ-21Ф для самолета МиГ-23, но, в общем, вряд ли это стоило делать, повторять зады и терять время. Уже тогда и можно, и надо было переходить на двухконтурные двигатели с высокими параметрами. Тем более что Люлька был одним из пионеров этого направления. Да и сам МиГ-23 был эпигонским самолетом — зачем-то сделали его с крылом изменяемой стреловидности, усложнив эксплуатацию и снизив весовую отдачу (шарнир крыла весил порядочно). Американцы делали такое крыло вынужденно для авиации ВМФ: при эксплуатации с авианосцев с их ограниченной длиной взлетной полосы необходимо было уменьшить скорость отрыва и посадки, т. е. увеличить подъемную силу крыла за счет увеличения его удлинения. У нас же авианосцев не было, а после эту проблему

решили вообще другим способом — увеличением энерговооруженности самолета, применением катапульты и трамплина на палубе.

Воздухозаборники «Фантома» — боковые, с загромождением входа не на 75 %, как на F-111, а только на 50 %. Но самое главное — «Фантом» первоначально имел только ракетное вооружение, пушки не было вообще. Американскому «Фантому» советские ВВС могли противопоставить только МиГ-21, однодвигательный сверхзвуковой самолет, созданный в это же время. Он был значительно, в два раза, легче «американца» (9 тонн), имел и пушечное, и ракетное вооружение, что говорит о его маневренном назначении. То есть эти самолеты были разного класса. А вот двигатель Р-11 -300 на МиГ-21 был тоже инновационный, но, в отличие от одновального J-79, двухвальный со все той же сверхзвуковой ступенью компрессора. Всего в шести ступенях компрессора удалось за счет этого получить высокую для того времени степень сжатия, равную 10.

И вот эти самолеты встречаются в воздушных боях в небе над Северным Вьетнамом. Надо отдать должное мужеству вьетнамских летчиков: «Фантом» — серьезный противник, видит тебя издалека, атакует с дальней дистанции. По всему имеет превосходство.

Однако опыт боев во Вьетнаме показал, что применение самолетов воздушного боя с ограниченной маневренностью F-4 «Фантом», вооруженных только ракетами «Спарроу» и «Сайдуиндер», оказалось несостоятельным. Во всяком случае, против ожидаемого. Даже устаревшие МиГ-17 при энергичном маневрировании успевали уклониться от ракет, заходили «Фантомам» в хвост и расстреливали их из мощного пушечного вооружения. Соотношение потерь «мигов» и «американцев» составляло примерно 1:1. ВВС США были вынуждены срочно довооружить F-4 пушкой М-61 «Вулкан» калибра 20 мм большой скорострельности. Именно опыт вьетнамской войны подтолкнул США к скорейшей разработке концепции нового самолета воздушного боя, обладающего повышенной маневренностью, вооруженного управляемыми все-ракурсными ракетами и пушками, а также оснащенного новыми системами управления вооружением (увеличение дальности обзора и разрешающей способности, многоканальность).

Так начало формироваться новое поколение самолетов: F-14, F-15, F-16 и F-18. («Нортроп» со своим проектом F-17 проиграл конкурс самолету F-16 фирме «Дженерал Дайнемикс»). Почему сразу четыре типа? Очень просто. В США новые самолеты заказывают две независимые структуры: армия и флот по своим

специфическим требованиям. И заказывают их парами: тяжелый и легкий самолеты. ВВС заказало тяжелый F-15 «Eagle» («Орел») и легкий однодвигательный F-16, а ВМФ — тяжелый F-14 «Tomcat» и легкий двухдвигательный F-18 «Hornet» («Шершень»). Сегодня — это тяжелый F-22 и легкий F-35.

ВВС США объявили конкурс на разработку самолета F-15, в котором участвовали четыре фирмы. Это уже было приближение к идеалу самолета воздушного боя по Дуэ. Забегая вперед, отметим, что американский «Орел» полностью оправдал ожидания: в реальных воздушных боях 1982 г. в небе Ливана сирийские, к этому времени устаревшие, МиГ-21 и малоудачные МиГ-23 не смогли сбить ни одного израильского F-15, в то время как последний подтвердил свое превосходство в воздухе, одержав немало побед. Сколько — это всегда вопрос и предмет для дискуссии. Как правило, публикуемые цифры воздушных потерь всегда сильно преувеличены. Дело в том, что при невозможности побед авиацию более слабого противника, не дожидаясь уничтожения, попросту выводят из боя. В современных воздушных боях не на равных, в которых участвуют очень дорогие самолеты, трудно ожидать величину потерь, превосходящей число 10. Самолеты предназначены для завоевания превосходства в воздухе, а не для собственного уничтожения. Если этого завоевания не получилось, то остается задача сохранения элитного рода вооруженных сил.

Аналогичный конкурс был объявлен и нашими ВВС. В нем участвовали фирмы «МиГ», «Су» и «Як». Нужны стали и новые двигатели. Ключевым требованием для нового двигателя стала его многорежимность в сочетании с высоким уровнем тяги: энерговооруженность нового самолета требовалась неслыханно высокая — близкая к единице на боевом режиме. То есть самолет мог висеть вертикально, уравновешивая свой вес тягой двигателей. Вскоре мы это увидим в новых эффектных фигурах высшего пилотажа, разработанных российскими летчиками-испытателями: «кобра» и «колокол».

Все это стимулировало технологический прорыв. Надо отметить, что вплоть до конца 1960-х гг. принципиально новых технических разработок в турбореактивных двигателях (в сравнении с самолетами) по отношению к немецкому научно-техническому заделу почти не появилось. Многие технические решения были предложены и даже апробированы еще немецкими инженерами.

И вот сейчас настало время сделать шаг вперед. Все условия в СССР для этого были. Хрущева, главного противника авиации, сняли в 1964 г. К власти пришло новое руководство в лице

Брежнева, покровительствовавшего отечественному военно-промышленному комплексу. Спустя два года, в 1967 г., в только что построенном новом столичном аэропорту Домодедово было устроено авиашоу для высшего руководства страны. Все самолетные КБ демонстрировали свои «новейшие» разработки. Но оказалось, что прорывных проектов нет. Есть малоудачные гибриды реализации зарубежных идей и отечественных, уже существующих разработок. Самолеты с «частично» изменяемой стреловидностью крыла, «частично» вертикально взлетающие и т. п.

Более того, буквально в это же время на Ближнем Востоке произошла «Шестидневная война» между Израилем и альянсом Египта и Сирии, показавшая неспособность ВВС этого альянса противостоять израильской (американской) авиации. Конечно, одним из факторов израильской победы была самонадеянность арабских генералов, открыто, как на параде, расположивших свои самолеты на аэродромах без всякого укрытия (капониры, подземные стоянки и т. п. отсутствовали) да еще в условиях минимального времени подлета с израильских баз. Конечно, факт, что израильские самолеты применяли специальные бомбы для вывода из строя бетонных взлетно-посадочных полос, прицельно сбрасываемые с малых высот. Конечно, французские «миражи», стоящие на вооружении ВВС Израиля, в целом были не хуже «мигов». Но выявились и неприятные системные вещи. Так, двигатели, установленные на советские самолеты, не имели автономных систем запуска. Их запуск производился от аэродромного энергоисточника. То есть для подготовки самолета к вылету необходимо было ждать, пока автомашина с энергоузлом подъедет к самолету.

Дорогое время терялось, и самолеты оказывались уязвимыми на аэродромах.

С точки зрения повышения весовой отдачи самолета как боевой платформы это решение казалось оптимальным. Ведь функция наземного запуска нужна только на земле и поэтому может быть обеспечена наземными же средствами. Требуемая мощность постороннего источника для раскрутки ротора компрессора до 10–15 % числа оборотов от максимального значения, когда уже можно подавать топливо в камеру сгорания, составляет ни много ни мало, а 100–200 л.с. и соответственно имеет заметный вес. В воздухе раскрутка ротора до тех же 10 % осуществляется набегающим потоком воздуха (авторотация), и дополнительный источник мощности не нужен. На транспортных самолетах функция наземного запуска осуществляется с помощью вспомогательной силовой установки (ВСУ), т. е. небольшого

газотурбинного двигателя, от компрессора которого отбирается сжатый воздух и подается по трубе к воздушной турбине, установленной на двигателе. Она через редуктор и раскручивает ротор компрессора. А на боевом самолете с автономным запуском обычно устанавливается не воздушный, а турбостартер, т. е. та же ВСУ, но с прямым приводом на вал компрессора. В боевых условиях оказалось, что без автономного запуска самолеты беззащитны. После этого были введены жесткие требования на время запуска: от нажатия кнопки «запуск двигателя» до выхода его на максимальный режим время не должно превышать 100 секунд.

Единственным прорывным, инновационным самолетом, показанным в 1967 году и оказавшим влияние на соотношение сил главных глобальных игроков (США и СССР), был новый тяжелый перехватчик МиГ-25. Это было заметно даже по его внешнему облику — двухкилевой хвостовой стабилизатор выделял этот самолет среди прочих. Этот самолет произвел сильное впечатление на Пентагон. Но… эта инновация была отражением американской инновации. МиГ-25 должен был решать задачу противодействия американскому разведывательному самолету SR-71. После прекращения в 1960 г. полетов самолета-разведчика U-2 в США решили разработать самолет-разведчик на другом принципе неуязвимости: большую высотность заменили рекордной скоростью (М3). Первый полет SR-71 совершил в декабре 1964 г. Советских самолетов, способных летать с такой скоростью, не было. Было принято решение срочно разработать перехватчик, способный сбивать или хотя бы «отгонять» «американца». И такой самолет был разработан в ОКБ Микояна. Двигатель Р15БФ2-300 для него проектировало прославленное микулинское ОКБ-300, традиционно «приписанное» к ОКБ-155 Микояна так же, как ОКБ-165 Люльки было «приписано» к ОКБ Сухого. Этот «кинжальный», как его называли, перехватчик, по сути, был однорежимным сверхзвуковым самолетом. Он наводился на цель с земли и находился на боевом дежурстве на земле, в случае необходимости взлетая и осуществляя разгон-набор на заданную точку встречи по траектории минимального времени разгона-набора с преимущественно сверхзвуковой скоростью. Для реализации этой ограниченной задачи и был разработан классический турбореактивный двигатель с суммарной степенью сжатия в компрессоре 5 (имелось в виду, что на дозвуке самолет не летает, а на сверхзвуке большая степень сжатия не нужна — торможение скорости набегающего потока в воздухозаборнике, т. е превращение кинетической энергии в потенциальную, обеспечит

необходимую степень сжатия).

А вот в США в середине 1960-х гг. перешли от проектирования двигателей по принципу «что получится», классическим примером которого является проектирование двигателя JT3D («Пратт-Уитни») для «Боинга 707», к концептуальному, целевому подходу. Для этого было открыто щедрое финансирование научно-технического задела по федеральным программам на государственные, бюджетные деньги. И здесь сразу США пошли в отрыв, конечно, с крупными «синяками» и «шишками», но — вперед. Особенно это ярко проявилось в проектировании двигателей на фирме «Пратт-Уитни». Вначале произошел переход скачком на двигатели с высокой (5–8) степенью двухконтурности для дозвуковых самолетов большой дальности, первым из которых был военно-транспортный С-5 «Galaxy» (двигатель TF-39-GE), совершивший первый полет уже в 1968 г. США пошли в отрыв, а в СССР авиадвигателестроение стало «тормозить», не сумев воспользоваться уже имеющимся заделом. Причиной этого в первую очередь было отсутствие прорывных проектов самолетов и снижение инновационности самой авиамоторной науки. Как мы увидим далее, переломный 1970-й год застал нашу отраслевую науку врасплох.

При проектировании двигателя с большой двухконтурностью JT9D-PW для 350-тонного (вот это размах!) пассажирского самолета В-747 в основу был заложен принцип минимизации количества опор роторов. И здесь мы должны задать вопрос: а сколько вообще роторов должно быть в турбореактивном двигателе? Один? Два? Три? Четыре? Принцип здесь простой: из школьной физики известно, что мощность — это произведение силы на скорость. В компрессоре или турбине сила, действующая в окружном направлении на лопатки, пропорциональна углу поворота потока между лопаток, а скорость — это окружная скорость вращающихся с диском лопаток.

Угол поворота ограничен геометрией (на 180°, к примеру, поток разворачивать просто бессмысленно), а окружная скорость — сверхзвуковой скоростью на концах лопаток (волновые потери сильно снижают эффективность преобразования скорости в давление). Таким образом, для уменьшения количества ступеней компрессора и турбины стараются иметь максимально возможную окружную скорость. Если двигатель двухконтурный, то вентилятор и компрессор высокого давления имеют разные диаметры из-за разного расхода воздуха через них. Значит, при одинаковой окружной скорости эти нагнетатели (и вентилятор, и компрессор) будут иметь разные обороты, и чем больше степень

двухконтурности, тем больше эта разница. То есть в двухконтурных двигателях минимальное количество роторов, а следовательно, и валов, равно двум.

Исключением является французский двухконтурный одновальный двигатель военного назначения М-53. Здесь пошли на снижение эффективности компрессора высокого давления ради уменьшения количества трудноохлаждаемых «горячих» опор-подшипников — двигатель применяется на сверхзвуковом самолете, да и степень двухконтурности у него невысокая, соответственно невелика и разница диаметров вентилятора и компрессора.

Кроме того, со сжатием воздуха в каждой последующей ступени повышается его температура, а следовательно, увеличивается скорость звука. Поэтому мы можем допустить увеличение окружной скорости в каждой последующей ступени ротора компрессора без боязни увеличения волновых потерь. То есть теоретически каждую следующую ступень компрессора желательно вращать с большей окружной скоростью — уровень волновых потерь это допускает. Иначе, сколько ступеней компрессора — столько должно быть роторов с точки зрения минимизации числа ступеней. Но… при этом кратно увеличивается количество подшипниковых опор, нормальную работу которых при больших окружных скоростях и высоких температурах обеспечивать трудно. Таким образом, один-два ротора для одноконтурного и два-три ротора двухконтурного двигателя — это устоявшаяся практика. При этом в случае длинных валов их часто делают разрезными, каждый на двух опорах. Поэтому даже при двух роторах количество опор может быть не четыре, а больше — например, семь (по две на каждый компрессор, три — на две турбины, где одна из опор — общая, межвальная).

Так вот, при проектировании JT9D отказались от разрезных валов, приняв решение: два ротора — четыре подшипниковых узла. Все бы хорошо, но вскоре оказалось, что «паразитные», «лишние» опоры в разрезных валах через свои силовые связи подобно обручам увеличивали жесткость корпусов двигателя. Как только их убрали, корпус компрессора стало «корежить», превращая его из круглого в овальный. А из-за этого пришлось увеличивать радиальные зазоры между лопатками компрессора и корпусом и катастрофически терять кпд. Корпус компрессора на двигателе JT9D пришлось усиливать с помощью продольной балки-«ухвата», ставшей с тех пор атрибутом двигателей с большой степенью двухконтурности. В общем, классическая ошибка конструктора, обусловленная, как уже отмечалось,

всегдашней нехваткой времени. Все просчитать невозможно, и многие решения принимаются интуитивно.

Ниже в таблице без комментариев представлены три наилучших компрессора конца 1950-х гг., воплощающих в себе разные приоритеты (школы) проектирования: минимальное количество ступеней (а следовательно, и массы, и стоимости), максимальную степень сжатия, оптимальное сочетание того и другого. Чем выше степень сжатия в двигателе, тем он экономичнее. Выбирайте, что вам нравится. Каждый вариант имеет свои достоинства и недостатки. Для сравнения в последней строке таблицы представлен достигнутый на сегодня (XXI век) уровень проектирования компрессоров. E3E — это европейский газогенератор, «сердце» перспективных двигателей следующего поколения, проектируемых на выполнение «трех Е»: эффективность, экология и энергосбережение. В этом проекте реализованы все последние достижения науки и техники в области авиационного двигателестроения. Следует отметить, что немецкие аэродинамики и конструкторы сохранили свои ведущие позиции в проектировании компрессоров и сегодня.

№ п\п	Двигатель	Кол-во ступеней	Степень сжатия	Кол-во валов	Особенности
1	Р11-300 (ОКБ-300)	6 (3+3)	9	2	Сверхзвуковая ступень
2	J-79-GE («Дженерал Электрик»)	17	13	1	7 поворотных рядов лопаток статора
3	J-75-PW («Пратт-Уитни»)	15 (9+6)	12,5	2	
4	ВД-7 (ОКБ-36)	9	10	1	Сверхзвуковая ступень, 2 поворотных ряда лопаток статора
5	E3E	9	22	1	

Двигатели Р11-300 и J-79-GE были самыми массовыми в истории реактивной авиации и не в последнюю очередь благодаря конструкции своих компрессоров. Р11-300 было произведено в разных странах около 20 тыс. штук, а J-79-GE, тоже включая лицензионное производство (вплоть до 1993 г. в Израиле), — около 17 тыс. штук.

Таким образом, в мире сложилось две школы проектирования компрессоров турбореактивных двигателей: двухвальные

малоступенчатые и одновальные многоступенчатые. К первой школе принадлежали «Пратт-Уитни» в США и ОКБ-300 в СССР. Ко второй школе — соответственно, «Дженерал Электрик» в США, ОКБ-36 (Добрынин), ОКБ-165 (Люлька), ОКБ-19 (Соловьев) в СССР. Далее оказалось, что при повышении температуры газа перед турбиной и связанным с этим переходом к двухконтурной схеме двигателя в выигрыше оказалась последняя школа. Ее разработки компрессоров, по сути, не претерпели изменений при постановке на своем валу впереди компрессора низкого давления (вентилятора и «бустера» — подпорных ступеней). А вот сторонникам первой школы пришлось заново разрабатывать многоступенчатый компрессор… или переходить на трехвальную схему. Но и в последнем случае компрессор нужно было разрабатывать заново: трансмиссия (вал вентилятора) не проходил через втулочное сечение малого диаметра компрессора. Так вторая школа получила конкурентное преимущество во времени.

Поучительна история «взлета и падения» советского ОКБ-300. «Отец-основатель» ОКБ-300 А. А. Микулин был личностью незаурядной. Не имея высшего инженерного образования, он сумел, используя природный талант и практические знания, полученные в конструкторской школе Н. Р. Брилинга (КБ в НАМИ), вырваться вперед в первой фазе инновационной волны поршневого авиационного моторостроения, организовав разработку (из того, что было) модификации лицензионного БМВ-VI. Как мы помним, эта разработка получила индекс АМ-34. Следующим рискованным, но удачным ходом оказался рекордный беспосадочный перелет В. П. Чкалова через Северный полюс в Америку на одномоторном (АМ-34) туполевском самолете АНТ-25. Так А. А. Микулин завоевал авторитету Сталина, который он использовал «на всю катушку», правда, для дела. Репрессии 1930-х его миновали. Как он сам объяснял причину этого своему сыну: «меня охраняло то, что я никогда не рассказывал, что я видел, у кого бывал, что слышал» (*Берне, с. 270*). В войну модификация микулинского мотора АМ-38 стояла на знаменитом штурмовике Ил-2. В совокупности это стало «охранной грамотой» для Микулина. Имея прямую телефонную связь со Сталиным, установленную по его указанию, и личные неформальные контакты с высшим руководством (с тем же всесильным Л. П. Берией) на отдыхе, Микулин мог себе позволить и позволял многое. В первую очередь это касалось влияния на выделяемые ресурсы для своего ОКБ. Очевидно, что неизбежный при этом «обход» бюрократической иерархии в лице министра авиапрома не добавлял ему доброжелателей в этом слое управленцев. Как

только Сталин ушел из жизни, в 1955 г. Микулина сняли с работы. Но в этом отстранении его от руководства ОКБ были и объективные причины. Микулин по своему складу личности был изобретатель, он и прославился именно как изобретатель, попав в резонанс первой фазы инновационной волны, когда бал правят «изобретатели». Но к 1955 г. начинается доминирование «инженеров», когда требуется и системное мышление, и планирование результата, и долгая «нудная» работа по доводке. Время Микулина ушло.

Если посмотреть на ряд микулинских, вернее, ОКБ-300 разработок турбореактивных двигателей, то мы увидим восемь моделей, начиная от первенца АМТ КРД-01, в серию не пошедшего, и далее серийные АМ-3 (РД-3М), АМ-5 и его модификации (АМ-7, РД-9Б (АМ-9), удачный и передовой для своего времени массовый Р11-300 (АМ-11) и его модификации (Р13-300 (АМ-13), Р29-300 (АМ-29), Р95Ш), специфические почти гиперзвуковой Р15-300 (АМ-15) и вертикального взлета Р79-300. Урожай солидный! Автор намеренно оставил в скобках индексацию АМ даже в тех моделях, которые не сохранили ее после увольнения Микулина, чтобы подчеркнуть преемственность разработок. Микулин, являясь психологическим типом «изобретателя», конечно, органически не мог заимствовать уже готовое и известное. Задачу конкретной реализации идеи турбореактивного двигателя он попытался решить самостоятельно, сознательно не вступая в контакте немецкими инженерами, очутившимися после войны в СССР. Для психологического типа «инженера» это поведение — иррационально. «Инженер», как пчела, собирает информацию, где только можно. А для «изобретателя» — естественно.

Так появился первый оригинальный микулинский турбореактивный двигатель АМТКРД-01, особенностью которого была «слоеная» компоновка компрессора и камеры сгорания — камера сгорания располагалась над компрессором, а поток воздуха имел два поворота на 180°: за компрессором он разворачивался в обратную сторону по внешней стороне корпуса, проходил до начала компрессора, затем вновь разворачивался и заходил в камеру сгорания на большем радиусе. В осевом направлении такая компоновка была очень компактной, но в радиальном имела большой «лоб» и, с учетом внешнего сопротивления, не давала никаких преимуществ. Такая конструктивная схема двигателя хороша для… танка, но не для самолета. Кстати, в 1944 г., когда немцы занялись проектированием газотурбинного танкового двигателя, такая схема рассматривалась ими. На этом примере изобретатель

Микулин виден как на ладони. Оригинальное решение частной задачи, отсутствие системного подхода, когда решения надо «взвешивать», находить компромисс. То же можно было наблюдать и при создании еще поршневого АМ-34: двигатель получился мощный как и задумывался, но и тяжелый одновременно — перехода на новый технический уровень не произошло.

Безусловно, крупным успехом ОКБ-300 было создание АМ-3 для «европейского» по радиусу действия (т. е. бомбежки Европы) бомбардировщика Ту-16. Но, как свидетельствуют очевидцы, основную работу по его конструированию и доводке осуществили заместители главного конструктора С. К. Туманский и П. Ф. Зубец. Любимым же детищем Микулина была сильно уменьшенная модель АМ-3, а именно АМ-5.

К 1955 г., когда вовсю шли работы по созданию оригинального АМ-11, получившего окончательное обозначение Р11-300, спорадическая деятельность «изобретателя» Микулина вошла в противоречие с тяжелой и «нудной», но системной работой по доводке двигателя. Нужно было кадровое решение — это было понятно всем. Была назначена комиссия под председательством В. Я. Климова, по результатам которой Микулин и был отстранен от работы. Его попытки пройти «по верхам», заручившись поддержкой Г. М. Маленкова, некогда курировавшего авиапром и хорошо знавшего Александра Александровича, окончились неудачей. Буквально накануне Пленум ЦК снял Маленкова с работы по предложению набиравшего силу Н. С. Хрущева. Вместо Микулина главным конструктором был назначен его первый заместитель С. К. Туманский. Этому, конечно, помогло и то, что Туманский тоже имел влиятельных друзей-однокашников по учебе в Академии им. Жуковского: замминистра авиапрома П. В. Дементьева и зам. главкома ВВС по вооружению А. Н. Пономарева, брата всесильного секретаря ЦК Б. Н. Пономарева.

Туманский сосредоточил усилия ОКБ-300 на двигателе Р11-300, разбросав остальную тематику по филиалам, вскоре ставших полноценными ОКБ. Тематику АМ-3 и его модификации передали в ОКБ-16 в Казани, куда переехал и П. Ф. Зубец. Он-то и довел этот двигатель по ресурсу, тяге и снизив его массу до известного нам успешного РД-3М, а позже разработал на его базе двигатель «16–17» для мясищевского «бомбера» М-50.

Двигатель РД-9Б (для МиГ-19) передали в Уфу, где вскоре (в 1956 г.) выехавший туда из ОКБ-300 В. Н. Сорокин, бывший ведущим конструктором по первому микулинскому АМТКРД-01,

восстановит ОКБ. Впоследствии это ОКБ разработает модификацию Р11-300, получившую индекс Р13-300, затем Р95Ш («Ш» — штурмовик, т. е. Су-25) и, наконец, двигатели для крылатых ракет.

На Тушинском заводе, где серийно производился микулинский АМ-5 (для перехватчика Як-25), тоже будет создано СЖБ-500, главным конструктором которого вначале будет Н. Г. Мецхваришвили, а затем (с 1967 г.) более известный К. Р. Хачатуров. Последний продолжит линию Р11-300, разработав на его основе двигатель Р29-300 (для МиГ-23).

А на московской площадке после Р11 -300 в 1960-е гг. будет создан совершенно другой, новый двигатель Р15БФ2-300 для нового перехватчика МиГ-25.

Таким образом, в середине 1950-х десятилетнее доминирование ОКБ В. Я. Климова в нише двигателей для реактивных истребителей сменится следующим десятилетним лидерством ОКБ-300 под руководством С. К. Туманского. ОКБ-165 А. М. Люльки в это время переживает трудное время — ниша двигателей для боевых самолетов воздушного боя занимается ОКБ-300. Поговаривают (1954 г.) о возможном закрытии ОКБ-165. А климовское ОКБ-117 в 1960-е гг. уходит в нишу разработок вертолетных и танковых двигателей (ГТД-1000 для Т-80), где добивается крупного успеха. Этот успех неразрывно связан с именем преемника В. Я. Климова — главным конструктором С. П. Изотовым. В сравнении с мощными двигателями для истребителей, а тем более для бомбардировщиков вертолетные двигатели имеют маленькую размерность, т. е. малые геометрические размеры лопаток компрессора и турбины. Это создает трудности как для производства, так и для эксплуатации таких двигателей. Тонкие, миниатюрные лопатки компрессора очень чувствительны к эрозионному износу, чего в полной мере «нахлебались» американцы во вьетнамской войне, когда поднимаемая винтом вертолета кремнистая пыль засасывается компрессором двигателя. Лопатки быстро истончаются до толщины листа бумаги — ресурс оказался совсем не такой, как было заявлено, и расходовался он по-другому. Пришлось срочно разрабатывать циклонную очистку воздуха с потерей мощности на прокачку. В производстве — тоже проблемы: при сборке требуется обеспечивать очень маленькие уровни дисбалансов ротора. Динамическая балансировка ротора вертолетного двигателя — это настоящий «хай-тек». Маленькие размеры лопаток турбины накладывают серьезные ограничения на литье охлаждаемых лопаток и тем самым на достижимый уровень температуры газа перед турбиной, а вместе с ней и на

экономичность двигателя. В общем, желающим освоить эту нишу есть над чем поработать.

К чести ОКБ Климова, оно справилось с этими проблемами. Начав, по сути, с нуля, с копии зарубежного аналога («Аллисон-250») с осецентробежным компрессором ГТД-350 (350 л с.), вскоре оно освоило эту оказавшуюся очень перспективной нишу. Следующий двигатель ТВ2-117 мощностью 1500 л.с. с неохлаждаемой турбиной для самого массового двухдвигательного вертолета Ми-8 за тридцать лет производства (1965–1995) был тиражирован в количестве 23 тыс. штук на Пермском моторном заводе. Суммарный налет двигателей составил 100 млн часов! Это производство оказалось очень выгодным и экономически — настоящий коммерческий продукт. В общем, редкая удача. Следующая, форсированная до 2000–2500 л.с. модификация ТВ3-117, разработанная в 1972 г., оказалась не менее удачной. Масса двигателя всего 300 кг, в сравнении с поршневыми двигателями съем мощности с одного килограмма массы в 3 раза больше!

Этим двигателем оснащается большое количество типов вертолетов конструкции Камова и Миля, наиболее известными из которых являются боевые Ка-52 «Аллигатор» и Ми-28 «Ночной охотник». Зарубежными аналогами двигателя ТВ3-117 или ВК-2500 являются французская «Макила» (фирма «Турбомека») для вертолета «Пума» и американский Т700-GE для вертолета «Апач». Правда, Т700-GE в сравнении с ВК-2500 имеет лучшую экономичность благодаря существенно более высокой степени сжатия компрессора. В этом двигателе реализована классическая осецентробежная (5+1) схема компрессора, когда последние осевые ступени из-за их неэффективности заменяются одной центробежной ступенью. На ТВ3-117 на это не пошли, по-видимому, из-за нежелания радикальной переделки исходной, хорошо зарекомендовавшей себя конструкции осевого 12-ступенчатого компрессора.

Большое количество транспортных вертолетов Ми-17, оснащенных этими двигателями, идет на экспорт. На сегодня производство двигателя ТВ3-117 на запорожском заводе «Мотор-Сич» достигло 22 тыс. штук. Последняя модификация двигателя получила возвращенную первоначальную марку с инициалами основателя ОКБ, а именно ВК-2500. И вновь планируется перенести производство этого двигателя в «родные» климовские места — в Уфу в связи с тем, что Запорожье теперь — заграница.

Еще одной удачной разработкой климовского ОКБ стала силовая газотурбинная установка для танка Т-80. Как известно, в нашей стране разработаны два типа «основных боевых танка»

(МВТ — «main battle tank»): Т-80 с газотурбинным двигателем (ГТД-1000 мощностью 1000 л.с.) и Т-90 — с дизельным. И тот и другой имеют свои преимущества и недостатки. ГТД имеет лучшие характеристики по мощности в холодном климате, где дизель, в частности, плохо запускается. А дизельный двигатель имеет преимущество перед ГТД в жарком климате, где последний теряет свою мощность из-за ограничения по температуре газов перед турбиной. Поэтому Т-90 успешно продается в Индию, а Т-80 используется в северных широтах. Газотурбинный двигатель для танка пытались создать еще немецкие конструкторы начиная с 1944 г., чтобы повысить маневренность своих новых тяжелых танков «Тигр» и «Пантера». В реальных боях оказалось, что их изначально низкая маневренность, обусловленная малым отношением мощности к весу танка (на «тигре» 10 л.с./т, т. е. в два раза меньше, чем на советском Т-34) существенно обесценивает присущие им превосходство в вооружении и бронезащите над танками противника. Как мы знаем, газотурбинные двигатели, одинаковые по мощности с дизелями, имеют меньшие вес и габариты, но больший расход топлива.

Главным немецким разработчиком ГТД для танка стал доктор Альфред Мюллер, научно-исследовательский отдел двигателей в СС (Kraftfahr Technische Versuchsanstalt der SS). Он имел большой опыт в разработке турбин и нагнетателей для самолетов. В 1937 г. он сотрудничал с фирмой «БМВ» и в 1943 г. пытался заинтересовать военных применением газотурбинных двигателей на танках, когда проблемы с маневренностью нового поколения танков стали очевидны. То есть и в Германии, и в СССР, и, как мы увидим, в США именно авиационные двигатели явились основой для разработки танковых ГТД. Вначале для разработки приняли схему со свободной, т. е. не связанной механически с ротором компрессора силовой турбиной (двухвальная схема, ставшая позднее классической для вертолетных двигателей). Этот проект оценили как слишком дорогой. Кроме того, проблемой была самопроизвольная «раскрутка» вала свободной турбины в момент переключения передачи, когда она оставалась без нагрузки. За основу первого немецкого ГТД первоначально был принят авиационный двигатель разработки «Хейнкель-Хирт» 109–011 с диагональным компрессором. Этот двигатель был изготовлен «в железе» и испытан в сентябре 1944 г. Однако поиски оптимальной конструкции продолжались и наконец остановились на авиационном прототипе БМВ 109–003 с самым передовым осевым компрессором того времени разработки Brown Boveri & Cie (проект Hermso). Специфические особенности применения ГТД на танках потребовали их учета при разработке первого

немецкого танкового двигателя GT 101. В частности, потребовалось ввести промежуточную опору ротора для повышения его жесткости при воздействии ударных нагрузок, возникающих, например, при наезде на мину. На «тигр» GT101 не поместился по длине, поэтому для его установки была выбрана Т-5 «пантера» (машина спецназначения 171). При постановке ГТД на «пантеру» ожидалось, что удельная мощность танка повысится вдвое (с 13,5 до 27 л.с./т). Мощность на выходном валу GT 101 составляла 1150 л.с.

Проблемы, которые пришлось решить немецким инженерам, были весьма не простые. В первую очередь — с запуском двигателя и трансмиссией благодаря отказу от схемы со «свободной» турбиной. В схеме со свободной турбиной основной ротор раскручивается легко от стартера небольшой мощности, а затем уже с выходом на режим этого ротора начинает раскручиваться и силовая турбина. Кроме того, надо было решить проблему повышенного (примерно на 100 %) расхода топлива ГТД в сравнении с поршневым двигателем. Для уменьшения расхода топлива на фирме Brown Boveri инженер В. Хринижак (ставший специалистом мирового уровня в этой области) спроектировал керамический вращающийся теплообменник на выходе из турбины для регенерации тепла на выхлопе и использования его для подогрева воздуха на входе в камеру сгорания. Тем самым для подогрева рабочего тела в камере сгорания до нужной температуры потребовалось меньшее (на 30 %) количество топлива, что сгладило различие в экономичности поршневого и газотурбинного двигателей того времени. На очередном витке разработки снова из-за проблем запуска вернулись к идее свободной силовой турбины, но с регулированием (уменьшением) мощности при снятии нагрузки. Оставив турбокомпрессорную группу неизменной с GT-101, силовую турбину вообще выделили в отдельный блок со своей камерой сгорания. Получился ГТД GT-102.

И, наконец, при постановке теплообменника получился двигатель-шедевр, имевший индекс GT-103. Немецкий танковый ГТД не успел повоевать — война закончилась раньше. На последнем этапе работ во главе проекта поставили Макса Адольфа Мюллера вместо Альфреда Мюллера, когда после заговора генералов июля 1944 г. меняли руководство на более лояльное нацистской идеологии. Как мы помним, Макс Адольф Мюллер был самым талантливым немецким инженером-газотурбин-щиком, начинавшим на «Юнкерсе». Именно из-за нацистских взглядов его в свое время выжили с фирмы — он ушел на «Хейнкель-Хирт» со своим проектом, но не ужился и там. Его

преемник на «Юнкерсе» австриец Ансельм Франц успешно завершил работу над «Юмо» 109–004, а после войны в 1960-х гг. был в США руководителем разработки газотурбинного двигателя AGT-1500 мощностью 1500 л.с. для американского танка M1 «Абрамс» («Abrahams»). Вот такая предыстория ГТД для танков. «Война мощных моторов» переместилась с неба на землю.

Но вернемся снова на «небо». К 1970 году облик современного двигателя как для гражданской, так и для военной авиации определился. За последующие сорок лет не появилось ничего принципиально нового в схеме двигателя. Конечно, появились новые конструкционные материалы, повысилась температура газа перед турбиной и степень сжатия, более эффективными стали турбина и компрессор, появилась электронная система управления двигателем. Но главным инновационным направлением в двигателях гражданской авиации после 1980 г. стало уменьшение вредного влияния авиационных двигателей на окружающую среду: постоянное снижение уровней эмиссии вредных веществ: окислов азота и углерода. Столь же строго при эксплуатации двигателей стали требовать и уменьшение уровня шума при взлете и посадке.

Когда же появились публикации с изображением американского новейшего двигателя F100-PW для самолета воздушного боя нового поколения F-15, а затем и F101-GE для бомбардировщика B-1, то мы не увидели в них ничего нового — все это мы уже «проехали», решая проблемы проектирования мотора для перехватчика МиГ-31,о чем написано далее в специальной главе. Начиная с 1970 г. схемы двигателей определились и стали классическими. И самые современные на сегодня F118-GE и F119-PW мало чем отличаются от уже упомянутых двигателей. Удалось, правда, в этих двигателях минимизировать число ступеней турбины, доведя их до (1 + 1), т. е. по одной ступени для привода вентилятора и компрессора. Носившаяся было в воздухе в 1980-е гг. идея разработки двигателя так называемого изменяемого цикла (ДИЦ), позволявшего сочетать наилучшим образом экономичность на дозвуке (двухконтурная схема) и максимальную тягу на сверхзвуке (турбореактивная схема), оказалась в реализации дорогой. Тем не менее опытные экземпляры такого двигателя F-120 фирмы «Дженерал Электрик» были сделаны и послужили основой для совместного проекта «Дженерал Электрик» и «Роллс-Ройс» — двигателя F-136 для новейшего самолета воздушного боя JSF F-35. Возможно, ДИЦ еще появится, если потребители будут согласны заплатить за это чудо техники. Однако автор этих строк на таком самолете, как и на конвертоплане «Оспри» V-22 для

морской пехоты, не полетел бы.

А между тем, и при проектировании этих двигателей (поколение F-100) американцы опять заложили новую концепцию: минимизацию массы двигателя (было задано отношение тяги к весу, равное 8). И все было подчинено этому принципу: деталей было меньше (а следовательно, было меньше и соединений, болтов, фланцев и т. п., что облегчало двигатель), но они были более сложной формы, т. е. требовали разработки новых технологических процессов — обработки на станках с ЧПУ (числовым программным управлением). Универсальное оборудование для производства деталей таких двигателей уже не годилось. Вместо крепежа и отверстий для него в дисках турбины и компрессора, снижающих циклическую долговечность (ресурс), позднее была разработана технология сварки трением и электронно-лучевой сварки — ротора, даже турбины стали сварные. А в двигателе F-101 инновационным было применение одноступенчатой высоконагруженной турбины привода компрессора. Обычно для таких целей применялась двухступенчатая турбина (как, в частности, на том же F100-PW). К чему это тогда привело, мы увидим далее.

Что и говорить, американцы снова сделали шаг вперед и шаг не «тупой», а концептуально мотивированный. Но любой большой шаг вперед влечет за собой и «непредсказуемые» проблемы. Так получилось и с двигателями F100-PWh F101-GE. Ниже в таблице представлена история проблем создания двигателей, возникающих при каждом шаге вперед. Каждая возникающая проблема инициировала интенсивные исследования сущности этой проблемы, а затем и разработку правил проектирования двигателей, которые решали эти проблемы еще на стадии проектирования будущих двигателей.

№ п/п	Проблемы работоспособности новых двигателей	Двигатели, на которых выявились проблемы
1	Совместимость со сверхзвуковым воздухозаборником	TF-30 (Pratt&Whitney)
2	Обеспечение жесткости корпусов при минимальном количестве опор	JT9D (Pratt&Whitney)
3	Обеспечение термоциклического ресурса лопаток турбины	F100 (Pratt&Whitney)
4	Помпаж компрессора при встречной даче газа	F100 (Pratt&Whitney)
5	Тепловое согласование ротора и статора турбины при выходе непрогретого двигателя на взлетный режим	F101 (General Electric)
6	Обеспечение большого циклического ресурса дисков турбины	На всех двигателях
7	Отстройка от резонансных режимов лопаток компрессора и турбины	На всех двигателях

Так, при создании нового самолета воздушного боя F-15, который американцы, знающие толк в рекламе, назвали «машиной для завоевания превосходства в воздухе», одним из требований было обеспечение высокой энерговооруженности самолета. То есть требовался высокий уровень тяги двигателей. Как только самолет был создан и началась отработка его тактического применения в учебных воздушных боях, то оказалось, что количество смен режима работы двигателей в диапазоне min-max за полет в несколько раз превосходит используемое на двигателях предыдущего поколения. Летчик очень активно начал пользоваться рычагом управления двигателем при маневрировании самолетом, сбрасывая и увеличивая режим работы двигателя. За стандартный часовой полет количество смен режима работы двигателей доходило до 10. Что это означает? Не что иное, как повышенные циклические нагрузки на детали, в первую очередь лопатки турбины. Если учесть, что в двигателях следующего поколения был повышен и уровень температуры газа перед турбиной, то двигателисты столкнулись с принципиально новой проблемой обеспечения термоциклической долговечности лопаток турбины. За 1000-часовой ресурс двигателя лопатки турбины должны были выдерживать без появления трещин 10 000 термоциклов! А 10^4 циклов — это уже база испытаний на малоцикловую усталость (10^6 циклов — это база испытаний на многоцикловую усталость). Проблема была очень серьезная. И подошли к ее решению американцы очень серьезно: в частности, построили специальный

стенд для натурных циклических испытаний лопаток турбины в системе двигателя.

Столь же серьезными проблемами нового двигателя F100-PW, как и для всех двигателей разработки «Пратт-Уитни», были помпаж компрессора при встречной даче газа, автоколебания в форсажной камере сгорания и прочий «джентльменский набор». Правда, автоколебания в форсажной камере были «запрограммированы» еще при проектировании — периодическое наступление на одни и те же грабли (что у нас, что у них). Первоначально фронт стабилизаторов горения в форсажной камере по наружному контуру был расположен в одной плоскости, чего делать ни в коем случае нельзя — об этом уже и студенты знают. Американцы однако сделали (видимо, произошла смена поколений инженеров) и… естественно, напоролись на виброгорение, т. е. автоколебания термоакустической природы.

А переход на одноступенчатую турбину привода компрессора в двигателе F101-GE привел к неприятным следствиям в виде термического рассогласования статора и ротора турбины при выходе непрогретого двигателя на максимальный режим и обратно. «Толстая» ступица диска ротора турбины прогревалась (охлаждалась) в разы медленнее, чем «тонкий» корпус статора. В результате на максимальном режиме долгое время сохранялся увеличенный радиальный зазор между лопатками турбины и сопряженным корпусом. Это приводило к потере кпд и соответственно длительному «забросу» температуры газа перед турбиной на 60*. Соответственно при сбросе газа возникала вероятность врезания лопаток в корпус из-за быстрого охлаждения последнего. Пришлось увеличивать величину радиального зазора и терять из-за этого кпд турбины. Когда фирма «Дженерал Электрик» создала альянс с французской SNECMA для производства серии двигателей CFM для европейских «аэробусов», то она в качестве своего пая передала «сердце» двигателя F-101, т. е. компрессор, камеру сгорания и турбину высокого давления с ее «непрогретостью». Этот «дар» оказался «троянским конем»: в результате двигатели серии CFM долго еще не обеспечивали желаемой экономичности. В будущем на двигателях для коммерческих самолетов больше никогда не ставили одноступенчатых турбин привода компрессора. Радикальным образом проблема термического согласования ротора и статора турбины решена конструктивно только недавно на все том же инновационном двигателе E3E.

Но вернемся к самолету воздушного боя. Как пишет Самойлович: «Вначале П. Сухой хотел отказаться от участия в

конкурсе, мотивируя это тем, что наше отставание в радиоэлектронике не позволит нам создать относительно легкий самолет. Упорство П. Сухого продолжалось несколько месяцев, пока ему не «выкрутили руки» и он дал команду на начало работ. В основу аэродинамической компоновки крыла была положена концепция так называемого «синусоидального крыла». В начале 1960 г. в английском журнале «Aerocraft Engineering» были приведены результаты продувок такого крыла в аэродинамических трубах, причем с визуализацией его обтекания, которые показали, что на синусоидальном крыле с острой кромкой возникает присоединенный вихрь, практически не отрывающийся до самых концевых сечений. Французы получили аналогичные результаты на так называемом «готическом» крыле.

Таким образом, к тому моменту, когда в начале 1971 г. П. О. Сухой дал указание приступить к разработке, мы были уже отчасти готовы. В выходные (чтобы никто не мешал) на работу вышли три человека: Владимир Антонов, Валерий Николаенко и я. Так появилась на свет первая компоновка самолета Т-10 — будущего Су-27. При этом под влиянием самолета Т-4МС вся поверхность новой машины выполнялась набором деформированных аэродинамических профилей, а потом на нее надстраивалась головная часть фюзеляжа и подвешивались мотогондолы. Такая компоновка получила название «интегральной». Кроме того, на основе летных испытаний самолета Т-4 было принято решение выполнять самолет статически неустойчивым на дозвуковых скоростях полета с электродистанционной четырехкратно резервированной системой управления. Антонов и Николаенко проводили необходимые расчеты и прорабатывали наиболее ответственные узлы, а я вычерчивал компоновку. Не все у нас получилось сразу. В частности, никак не вписывалась схема с трехопорным шасси. Поэтому на этой, первой компоновке шасси было выполнено по велосипедной схеме с распределением нагрузок как при трехопорной схеме. Подкрыльные опоры убирались в обтекатели на крыле. В понедельник доложились П. О. Сухому. Он внимательно рассмотрел компоновку и велел делать продувочную модель для трубы Т-106 ЦАГИ. Результаты продувок были очень обнадеживающими — при умеренном удлинении, равном 3,2, мы получили значение максимального аэродинамического качества 12,6. Несмотря на то что работа по новой машине шла вовсю, не оставляли сомнения: а вдруг мы упустили еще какой-нибудь более выгодный вариант? В процессе проектирования мы имели достаточно подробную информацию из

открытой зарубежной печати о компоновочных схемах, разрабатывавшихся в США по программе YF-15. Откровенно говоря, мне нравилась компоновочная схема фирмы «Нортроп», которая была похожа на нашу, и я опасался, что конкурс выиграет именно этот их проект. И когда было объявлено, что конкурс выиграла фирма «Мак Доннелл», я облегченно вздохнул. Надо сказать, у нас к тому времени была разработана компоновка по типу «Мак Доннелл» F-15 и проведены продувки модели в ЦАГИ. Поэтому я приобрел уверенность, что F-15 никогда не догонит Су-27 по своим летно-техническим характеристикам. Не исключалось, правда, что в открытой печати нам подсовывали дезинформацию. Когда же в начале 1972 г. самолет F-15 продемонстрировали журналистам и появились его фотографии и общие виды, я полностью успокоился. Кстати, в то время к П. Сухому приехал начальник ЦАГИ Георгий Петрович Свищев и, входя в кабинет, произнес знаменательные слова: «Павел Осипович! Наше отставание превратилось в наше преимущество. Самолет взлетел, и мы знаем, какой он есть». Если говорить о фирме «Мак Доннелл», то мне кажется, что при создании F-15 она находилась под влиянием компоновки самолета МиГ-25».

Самолет Су-27 получился, но получился он в том числе и благодаря двигателю. Нужен был не просто двигатель, а легкий и экономичный двигатель, чего в сочетании достичь чрезвычайно трудно. К этому времени наконец и ОКБ Люльки «обрело крылья». После неоригинальных двигателей АЛ-7 и АЛ-21Ф, по сути, уменьшенной копии ВД-7 и схемного аналога J-79-GE, использовавшихся на самолетах Сухого (Су-24) и Микояна (АЛ-21Ф получился очень дорогим и был заменен на самолете МиГ-23 на разработку Тушинского ОКБ Хачатурова Р29-300, явившейся развитием линии двухвального Р11 -300), А. М. Люлька сумел синтезировать из полученного опыта очень хороший двухконтурный двигатель АЛ-31Ф. Ключевым узлом, обеспечившим успех проекта, была высокотемпературная одноступенчатая турбина высокого давления и особенно ее охлаждаемые лопатки с оригинальной «циклонной» схемой охлаждения входной кромки (*М. М. Гойхенберг*).

Самолет воздушного боя Су-30. МАКС-2009.

Настали «лихие» 90-е годы, когда «либеральное» государство «бросило» советский авиапром — пусть выживает, как хочет: либерализм, т. е. «свобода!». Это был удар, после которого выжить трудно. Ведь распад или уничтожение сложных структур (социальных или технологических) до атомарного состояния отнюдь не гарантирует переформатирования или создания на их месте более совершенных образований. Пятнадцать лет нищенского существования, публичного опорочивания авиапрома как символа всего советского, дележа собственности, финансовых потоков, некомпетентности управления, неясности стратегии можно сравнить только с таким же периодом после 1917 г. Погибли многие научные, конструкторские и технологические школы, престижность работы в авиапроме была утрачена. Распались технологические цепочки — многие предприятия-поставщики комплектующих либо перестали существовать, либо сменили профиль деятельности. Дорогостоящее оборудование растаскивали и сдавали в металлолом. И так наметившееся еще в 1970-е гг. отставание приобрело характер необратимого. Создается впечатление, что все это было настоящими военными действиями, направленными против с такими усилиями созданного в советское время и достаточно эффективно функционирующего военно-промышленного комплекса СССР. «Война моторов» на земле — какой-то фантастический фильм. Неслучайно последний из «могикан», генеральный конструктор

П. А. Соловьев незадолго до своей смерти охарактеризовал тогдашнее состояние госуправления одним словом: «Предатели!» Этот социальный опыт свидетельствует о том, что либеральная модель экономики в том виде, как ее понимают в России, к модернизации экономики и общества, а уж тем более к их инновационному развитию не приводит. Единственный успех «Преображенской» революции августа 1991 г. — это «ритейл» (торговля) и связанная с ним конвертация рубля. При новом российском капитализме вовсю заработали товаропроводящие сети, а вот производство и наука пришли в упадок. Капитал в России — преимущественно торговый, как и был всегда.

Как же выживали советские моторные фирмы в это время 1990-х? Продажей «ноу-хау» в Китай и Корею. Надо отметить, что китайский авиапром был создан с помощью СССР еще в 1950-е гг. Центрами авиационного моторостроения в Китае стали Харбин, Шеньян и позже Сиань. В Китае производились советские двигатели Р11-300 для МиГ-21. Потом во время охлаждения отношений между СССР и КНР и даже вражды в 1970-е гг. Китай приобрел лицензию у «Роллс-Ройса» на производство военной версии двухконтурного двигателя «Спей» с форсажной камерой. Но к началу 1990-х гг. Китай остро нуждался в модернизации своих ВВС, и для этого нужно было не просто закупить образцы современной техники, но и освоить технологии их проектирования и производства. Автору этих строк довелось побывать в эти годы в Шеньяне, где расположен «китайский ЦИАМ» — SARI (Shenyang Aviation engine Research Institute). Поездки в Китай в те годы (1991 и 1992 гг.) были незабываемы, особенно если учесть, что автор этих строк совершил их по железной дороге через всю Сибирь. Особенно запоминающимся был 1992 г. — год расцвета «челночного» бизнеса, когда вагоны поезда Москва — Пекин были забиты буквально доверху знаменитыми челночными сумками с кроссовками и кожаными куртками. Китайские товарищи принимали специалистов хорошо — как правило, селили в лучшем тогда отеле Шеньяна «Роза» с открытым счетом и прикрепленной автомашиной. Побывал автор этих строк и в знаменитой мировой достопримечательности — «Водяной пещере» недалеко от Шеньяна, где сорокаминутная экскурсия проходит на моторной лодке по подземным водоемам с эффектной подсветкой скал, имеющих собственные имена («Мамонт» и др.).

Надо прямо сказать, что исследовательские лаборатории китайского института SARI были «на высоте» — широко применялись лазерные бесконтактные средства измерения, инженерные кадры тоже хорошо подготовлены: частично еще в

СССР, а во многом уже на Западе, где на передовых фирмах они проходили стажировку. Оборудование на шеньянском заводе ведущей моторостроительной компании «Лимин» — новейшее. Почему же Китай не создал своего собственного авиадвигателя даже не пятого, а «хотя бы» четвертого поколения или поколения 4+? И вот здесь, кажется, мы наблюдаем влияние некоторых особенностей китайского менталитета — малую склонность к риску и стремление все делать по правилам или шаблону. А при создании двигателя приходится рисковать — все обосновать и согласовать с начальством не удастся. В последнее время стал действовать и еще один дестабилизирующий фактор — быстрый карьерный рост молодых руководящих кадров в китайской авиапромышленности (это мы наблюдаем сегодня и в России). В результате — слабая компетентность при принятии решений и отсутствие мотивации к постепенному наращиванию инженерной компетентности. В Китае, как и в России, все теперь хотят быть, и хотят быть быстро, «менеджерами». А инженерами быстро не становятся и потому это не престижно. Тем не менее компания «Лимин» к 2005 г. разработала WS10A «Тай-Хан», аналог советского двигателя четвертого поколения АЛ-31Ф для Су-30КК («коммерческий китайский») и собственных самолетов воздушного боя: одноместного J-10 и двухместного J-11 (аналог Су-27). Хотя турбина низкого давления получилась двухступенчатой (вместо одноступенчатой на АЛ-31Ф) и сопло с изменяемым вектором тяги китайские товарищи сделать пока не сумели. Двигатель «Тай-Хан» был продемонстрирован на выставке Аэрошоу Чайна в Джухае в ноябре 2008 г.

Как раз в это время в США и создавали самолеты и двигатели пятого поколения. Основным принципом проектирования двигателей пятого поколения в сравнении с предыдущим было уменьшение количества деталей на 40 %. Если сравнить двигатели F-100PW и F-119PW, то можно увидеть в последнем случае кардинальное уменьшение количества ступеней турбины, а именно переход от схемы 2+2 к предельной схеме 1+1, т. е. каждый ротор компрессора приводится во вращение одной ступенью турбины. Ближайший конкурент американцев турбина АП-31Ф также имела схему 1+1.

Европейский самолет воздушного боя «Тайфун». Фарнборо-2008.

Такое радикальное (в два раза) уменьшение числа ступеней турбокомпрессора с сохранением кпд стало возможным только на базе развитого математического моделирования аэродинамики, или 3D (трехмерных) моделей течения. Чисто экспериментальным способом синтезировать сложные конфигурации профилей лопаток было бы невозможно. Здесь и США, и Европа опередили нас и, надо сказать, по нашей же недальновидности (т. е. недальновидности нашей системы управления авиационной наукой). Предпосылки же для создания отечественной системы проектирования в виртуальной трехмерной реальности были начиная с середины 1970-х гг.

В 1976 г. ученый из Харькова В. Н. Гнесин впервые опубликовал статью с инновационной разработкой трехмерной нестационарной модели статор-ротор взаимодействия в ступени турбины, на базе которой можно было создать ту самую виртуальную реальность. Учитывая высокий уровень советской научной школы в области газовой динамики, задача была вполне решаема, если бы… такая задача была поставлена и создана сетевая система разработчиков (по европейскому типу) для ее решения. Но, как всегда, тогда победила научная бюрократия и связанная с ней ведомственная амбициозность.

В этом раунде «войны моторов» победу за первенство по

очкам можно присудить американцам. Но… борьба продолжается. Играть в высшей лиге само по себе престижно, пусть и не на первом месте. Ведь задачи обеспечения обороноспособности в воздушном пространстве никуда не исчезли. Проблемой же в России, как всегда, остается внятная и просчитанная стратегия на годы вперед с учетом имеющихся возможностей. Какие самолеты нам нужны? В каком количестве? Раньше в эпоху СССР было «проще»: смотрели на соперника — США и делали с некоторым лагом (5–8 лет) то же, что и он. Теперь пора думать самостоятельно.

Стратегии развития США и России принципиально разные. Экономика США основана на капитализации ее политической мощи, для чего необходимо иметь превосходство в вооруженных силах над всеми странами мира. Ведь с нормальной экономической точки зрения поведение США абсурдно: при дефиците торгового баланса и бюджетном дефиците производить гигантские затраты на вооружение. Но все становится логичным, если принять другую модель развития — как гаранта сохранности мировых денег за счет военно-политической мощи. Особенно в периоды мировых экономических рецессий или политических нестабильностей. Для этого их даже можно создавать искусственно в различных регионах мира. Тогда повышенные риски для бизнеса направляют денежные ресурсы в надежную гавань Уолл-стрита. В этом случае бюджетный дефицит покрывается выпуском гособлигаций, которые за доллары выкупают остальные страны. Доллары же эти страны получают за продажу своих товаров в США. Так доллары возвращаются в экономику США, где они поддерживают потребительский спрос. Круг (военная мощь — дефицит бюджета — облигации, гарантированные мощью — импорт излишней мировой ликвидности — сохранение и приращение военной мощи) замыкается, а долг по типу карточного записывается «на манжете». Поскольку часть капитала всегда существует в накопительной форме (пенсионные фонды, страховые, сбережения граждан и т. п.), то для нее неважно, в чем она монетизирована. США — это всемирный банк. Правительство же гарантирует покупку своих облигаций, т. е. превращение их в конвертируемую валюту в любой момент. Но одновременное предъявление гособлигаций США к оплате обрушит мировую экономику, что не выгодно никому. В фазы кризисов капиталы уходят в доллары и золото, а в фазы развития — в акции и нефтяные фьючерсы. Так и живут. А вот всем остальным странам приходится жить экономически, т. е. без бюджетного дефицита с ограничениями затрат на оборону.

На сегодня последним достижением техники в области авиационных двигателей для самолета воздушного боя является двигатель F-136 совместной разработки лидеров авиамоторостроения «Дженерал Электрик» и «Роллс-Ройс». Хотя от него пока отказались при выборе двигателя для JSF F-35, но с точки зрения инновационности этот двигатель на сегодня является самым интересным. Кратким его описанием мы и закончим этот раздел книги. Здесь же мы увидим, что инновационное развитие авиационных двигателей выдыхается — они уже не могут радикально улучшить характеристики самолета как системы вооружения в целом. Главную роль здесь играет информационное обеспечение, радар (например, с активной фазированной, или фасеточной, решеткой) и само вооружение.

Прежде всего — о размерности двигателей этого назначения. Взлетный вес современного самолета воздушного боя установился уже довольно давно — еще в 1970-е гг. (20–30 тонн). Соответственно и размерность (тяга) двигателя тоже не претерпевает сильных изменений: 15–18 тонн — вот ее уровень. Вариации зависят в том числе и от выбранного количества двигателей на самолете: два или один. В нашей стране уже давно перешли на двухдвигательные самолеты, даже легкие типа МиГ-29, а в США до сих пор идут на риск применения одного двигателя на легких самолетах (F-16, JSF F-35). При этом в случае отказа двигателя в полете самолет, как правило, теряется. Так, одно время каждый месяц ВВС США теряли в среднем по одному однодвигательному самолету F-16. Недавно на авиашоу МАКС-2009 автор этих строк был свидетелем отказа двигателя во время выполнения показательного пилотажа, о чем было объявлено по радио, на французском самолете Альфа-Джет пилотажной группы «Патруль де Франс», после чего самолет благополучно приземлился на полосу — на самолете было два двигателя. Что было бы при наличии одного двигателя на этом самолете, нетрудно представить.

Но речь здесь идет не о самолете, а о двигателе. А вот двигатель F-136 представляет выдающийся инновационный продукт сам по себе. Научно-технический задел по нему разрабатывался давно (с 1970-х гг.) по различным федеральным программам, а начиная с 1994 г. по специальной федеральной программе Министерства обороны США, так называемой программе IHPTET (integrated high-performance turbine-engines program, т. е. «программа разработки газотурбинного двигателя с высокими характеристиками»). Эта программа предусматривала интеграцию всех существующих инновационных технологий, включая композиционные материалы, достижения в

аэродинамике и т. д. в готовый продукт — двигатель с характеристиками (отношение тяги к весу, минимальное количество деталей и соответственно стоимость и др.), превосходящими существующие аналоги. Наиболее оригинальным был вариант двигателя для самолета, способного взлетать вертикально, хотя предусматривались варианты двигателя и для самолета обычного взлета и посадки.

Имея «стандартную» степень двухконтурности для такого типа машин (0,4–0,5), этот двигатель имеет компрессор, обеспечивающий очень высокую степень сжатия 35 всего в восьми (!) ступенях (схема 3 + 5, т. е. три вентиляторные ступени и пять ступеней компрессора). Соответственно турбина выполнена по схеме 1 + 3, т. е. одна ступень приводит компрессор и три — вентилятор двигателя (одна ступень) и подъемный вентилятор (две ступени). Но при этом на двигателе широко используется механизация не только компрессора (все лопаточные венцы статора поворотные), но и, что инновационно, турбины высокого давления (механически изменяется площадь соплового аппарата) — достижение при разработке двигателя изменяемого цикла.

Трехступенчатая турбина привода вентиляторов (включая подъемный) вращается в противоположную сторону, что дает возможность интегрировать ее с турбиной высокого давления без обычно обязательного ряда статорных лопаток соплового аппарата. К валу вентилятора присоединен привод подъемного вентилятора, расположенного вертикально в носовой части самолета. Вертикальный подъем хвостовой части самолета осуществляется отклоняемым вниз соплом двигателя. Для стабилизации положения самолета при вертикальном взлете-посадке используются небольшие сопла в крыльях, через которые подается сжатый воздух, отбираемый из наружного контура двигателя. Кроме этого, двигатель имеет «усилитель» тяги в виде дополнительных камер сгорания в наружном и внутреннем контурах. Все, о чем мечтали инженеры нескольких поколений, реализовано в этом двигателе: высокие параметры, адаптивность к различным модусам и режимам полета, высокая весовая отдача (отношение тяги к весу двигателя около 10). Но только непонятно, будет ли этот двигатель производиться серийно. А пока в 2010 г. планируется осуществить первый полет самолета F-35 с этим двигателем Присматривается к этому двигателю и НАСА в качестве использования возвращаемого на землю «бустера» космического аппарата. В этом случае будет использоваться кластер таких двигателей для получения требуемой тяги в пределах атмосферы Земли.

МОТОР ДЛЯ ПЕРЕХВАТЧИКА

Чтобы понять, как был создан уникальный мотор для самолета-перехватчика МиГ-31, который, по официальному заключению Центрального института авиационного моторостроения на проект, «создать было невозможно», нужно рассмотреть предысторию ОКБ, создавшего этот мотор. На пустом месте действительно создать такой двигатель невозможно.

К концу 1950-х постепенно и моторное ОКБ-19 в Перми стало выходить из кризиса, переходя от поршневой на газотурбинную тематику. В 1953 г. закончилась эпоха: почти одновременно умерли всесильные и Сталин, и Вышинский, и Мехлис. В том же году через две недели после смерти Сталина в 60 лет ушел из жизни и один из последних действующих конструкторов из «поршневиков» А. Д. Швецов. В это же время сначала заместителем министра, а потом и министром авиационной промышленности СССР на долгие 20 лет становится Петр Васильевич Дементьев, или «Петр Великий», как его называли. Как известно, придумывать прозвища начальникам с использованием их имени — это старая русская традиция. Наиболее известным прозвищем в истории является прозвище военного министра 1820-х гг. графа Аракчеева — «Сила Андреевич». П. В. Дементьев и до войны, и в войну вплоть до 1953 г. был директором московского авиационного завода, производившего истребители МиГ-3. По существовавшей традиции министром авиапрома всегда становился выходец из директорского корпуса. Министром он стал в 1957 г., сменив на этом месте Хруничева. Награжден был П. В. Дементьев за свою долгую карьеру девятью (!) орденами Ленина.

Вот как о нем отзывается П. А. Соловьев, тогда только что назначенный на должность главного конструктора после смерти А. Д. Швецова: «С моей точки зрения, это исключительно талантливый человек был. У него должность такая неблагодарная, я бы так сказал… А так он был бы большой конструктор, ученый, достиг бы больших высот. Он закончил Академию им. Жуковского и первое время работал в ГВФ. А потом его перевели главным инженером на 30-й завод в Москве, затем он стал директором, первым заместителем министра и далее министром. Очень энергичный, быстро схватывал. Вот казалось, какое он имеет особое отношение к двигателю. А когда ему рассказываешь о каком-то дефекте, неполадке, он иногда даже в шутливой форме высказывал какую-то мысль, которая потом

оказалась правильной… Петр Васильевич, наш министр, его не так просто было пробить. Нам он всегда помогал» (*Соловьев, с. 43*).

С чего начинался обычный рабочий день министра советского авиапрома? Со сводки летных происшествий, если они были, и каждодневной сводки самолетов Аэрофлота, простаивающих без двигателей и агрегатов. Авиапромышленность первым делом должна была «делать штуки» — обеспечивать бесперебойное функционирование авиации. Все остальное — потом. Надо сказать, что Аэрофлот, пользуясь своим монопольным положением, эксплуатировал самолеты безобразно с точки зрения экономики, т. е. недостаточно интенсивно. Годовой налет самолетов был в два раза ниже зарубежного. Это приводило к таким негативным последствиям, как раздутый парк самолетов и замедление их амортизации. В результате смена поколений самолетов происходила медленнее, чем на Западе, и существовавшее вначале небольшое отставание стало накапливаться. Так называемые «лидерные» самолеты советского производства, имевшие опережающую наработку, эксплуатировались не в СССР, а в странах советского блока: Болгарии, Венгрии и др. Там деньги умели считать лучше, а у нас на первом месте было удобство начальства — лишь бы не заниматься «сложным» диспетчированием для увеличения загрузки рейсов.

Новый главный конструктор ОКБ-19 П. А. Соловьев был молод (36 лет) и осмотрителен. Наследство досталось ему проблемное: специализация КБ на поршневых моторах, когда уже все остальные по меркам технического прогресса давно перешли на газотурбинную тематику и интенсивно работали по заказам над новыми двигателями, тормозила инновационный переход. Новых заказов нет, опыта в газотурбинной технике, необходимого для получения заказов, нет, финансирования для развития тоже нет. Подобная проблема в США возникла и у фирмы «Кертис-Райт», на базе разработок которой в свое время и было создано ОКБ-19. Как известно, «Кертис-Райт» не справилась с этой проблемой и постепенно сошла со сцены, сначала занявшись субподрядными работами по разработке отдельных узлов ГТД, а затем и вовсе растворившись в среде более удачливых конкурентов (в частности, «Пратт-Уитни»).

Вот как описывает сложившуюся тогда ситуацию сам П. А. Соловьев: «Мне пришлось очень сильно подумать, что делать дальше. И сначала мы развернули работу по перевооружению своей фирмы на газотурбинную тематику. Организовали отдел по исследованию различных новых схем

газотурбинных двигателей. Их ведь существует очень большое количество. Очень много изобретений в этой области имеется. Но многие, как говорится, ждут своего часа. И вот мы все схемы, которые только можно, и сами придумывали, и использовали запатентованные — очень тщательно изучали. Нам нужно было четко понять, что существует в мире из нереализованного конкретно, но находится в таком состоянии, что технический и научный уровень уже подошел к той точке, при которой уже можно обеспечить выход этой новой схемы, нового патента. Мы, конечно, со временем очень много схем продумали. И я понял, что надо заниматься двухконтурным двигателем» (*Соловьев, с. 31*).

После пятилетнего инкубационного периода, в течение которого в ОКБ занимались и прямоточным двигателем, и оригинальным сверхзвуковым газотурбинным для ударного самолета разработки КБ Цыбина, произошел долгожданный прорыв: «Собственно говоря, выбрал из всего того, что было проанализировано долго и упорно, вот этот двухконтурный двигатель. Причем с определенным риском, и немалым, в первую очередь по уровню температуры. И по моей инициативе мы начали составлять эскизный проект двухконтурного двигателя для А. Н. Туполева, который задумал машину, так называемую двухрежимную. Бомбардировщик, на который должна была наша машина встать, должен был в течение двух третей своего полета из того времени, за которое он покрывает свою территорию, еще в зоне своей ПВО, идти на экономичном режиме по расходу топлива, т. е. дозвуковом. Потом в районе фронта переходить на форсажный режим, делать свою работу, разворачиваться и возвращаться в свою охраняемую зону на сверхзвуковой скорости. А дальше уже опять «пилить» на дозвуковой скорости» (*Соловьев, с. 31*).

А. Н. Туполев поддерживал Пермское ОКБ-19, помня удачную совместную работу по прежним решающим для существования его ОКБ темам: бомбардировщикам Ту-2 и Ту-4. Скорее всего, именно его поддержка оказалась решающей для пермяков. Проект двигателя, получившего обозначение Д-20, однако тогда не реализовался: если с газотурбинной частью более или менее было понятно, что делать, как казалось молодому главному конструктору, то организация процесса горения в «холодном» наружном контуре и тогда, и сегодня остается проблемой. Предложенная идея форсирования оказалась нежизнеспособной — опыта не было. На этом примере видна решающая роль выбора концепции будущего двигателя: заранее все риски просчитать невозможно (ведь речь, как правило, идет о создании двигателя

нового поколения, где всегда присутствуют инновации), но концепция должна выбираться очень тщательно. Во многом именно она определяет успех или неуспех проекта.

А между тем коллектив ОКБ учился: все ведущие конструкторы разъехались по родственным фирмам огромного советского концерна — авиапрома — осваивать новую технику и методологию ее проектирования и испытаний. Компрессор высокого давления, ядро будущего двигателя, взяли (но без сверхзвуковой ступени), как уже отмечалось ранее, в ОКБ Люльки, который в свою очередь получил его из Рыбинска от ОКБ Добрынина. Методики его проектирования и доводки заимствовали в Центральном институте авиационного моторостроения (ЦИАМ). А вот вентилятор, как вскоре будут называть компрессор низкого давления в двухконтурных двигателях, проектировали в ЦАГИ. По моде того времени первая ступень вентилятора была сделана сверхзвуковой и за свою широкую форму получила прозвание «камбала». Намучились с ней много и в конце концов заменили ее двумя дозвуковыми ступенями при модификации двигателя (Д-30).

А простаивающее производство Соловьев загрузил субподрядными работами по изготовлению узлов редуктора турбовинтового двигателя Самарского ОКБ Н. Д. Кузнецова ТВ-2, предшественника будущего успешного НК-12. Переход от поршневой техники к газотурбинной во всех моторных КБ мира был болезненным. Не все сумели перестроиться. Получался замкнутый круг: из-за отсутствия опыта проектирования газотурбинных двигателей КБ не поручали создание новых двигателей, а без создания двигателя невозможно приобрести необходимый опыт. Там, где техническая помощь пришла извне в виде трофейных или закупленных образцов, да еще со специалистами, дело шло более или менее успешно. А где приходилось «набивать шишки» самим, дело шло трудно, финансирование из госбюджета было скудное. В общем, типичный кризис, выход из которого вполне мог состояться в виде прекращения деятельности ОКБ. Для того (да и нынешнего) времени это была вполне реальная перспектива.

Именно в таком «подвешенном» положении оказались «поршневые» ОКБ А. Г. Ивченко и П. А. Соловьева. И оба — весьма слабых в сравнении с другими КБ — вначале были на подряде у Н. Д. Кузнецова: Соловьев делал редуктор, а Ивченко — турбостартер, т. е. мини-ГТД мощностью 250 л.с. Но даже эту скромную тему А. Г. Ивченко удалось получить только с использованием «административного ресурса» в лице украинских партийных властей (ЦК КПУ), поддерживаемых тогдашним

лидером Н. С. Хрущевым. Хрущев хотел создать и в конце концов создал украинскую авиапромышленность.

В 1956 г. ОКБ А. Г. Ивченко отдали тематику ТВ-2 (Кузнецов был занят своим более мощным НК-12 для Ту-95) — этот двигатель нужно было доводить «до ума» для самолета Ан-8, двухмоторного предшественника будущего четырехмоторного Ан-10 и образца-модели всего последующего антоновского ряда. Конструктор самолетов О. К. Антонов был приглашен Н. С. Хрущевым в 1953 г. на Украину из Новосибирска, где он в ОКБ завода им. Чкалова в 1946 г. спроектировал удачный легкий самолет Ан-2 с мотором Швецова АШ-62ИР. До этого же он работал в ОКБ у Яковлева, являясь его заместителем. Фирменной схемой самолетов ОКБ Антонова с газотурбинными двигателями станет верхнее над фюзеляжем расположение крыла. И сегодня новейший двухмоторный ближнемагистральный Ан-148 сделан по той же схеме.

И здесь мы должны сделать некоторое отступление в историю конкуренции на рынке транспортных самолетов, вернее, двигателей для этих самолетов. В начале 1950-х гг. в этой нише во всем мире традиционно доминировали турбовинтовые самолеты, типичным примером которых был английский четырехмоторный «Виска-унт» разработки «Виккерс» (Vickers Viscount) с роллс-ройсовским двигателем «Дарт» («Копье») мощностью в диапазоне 2000–3000 л с. в зависимости от модификации (последняя — Дарт-10). Этот двигатель был неоригинальным прежде всего по схеме компрессора. Компрессор был двухступенчатый… центробежный с весьма скромной степенью сжатия 5,6, трубчатая (7 труб — нечетное, простое число для избежания возможного резонанса с лопатками турбины в случае кратности чисел труб и лопаток, очевидно, что англичане «напоролись» на это явление) камера сгорания, т. е., по сути, удвоенный старый добрый «Нин». Центробежные компрессоры на маршевых двигателях к этому времени уже «не носили» — они вышли из моды. В будущем на газотурбинных двигателях такого класса мощности станет общепринятой схема осецентробежного компрессора, причем замыкающая центробежная ступень останется лишь из-за малой размерности длины лопаток (меньше 20 мм) последних осевых ступеней при высоких степенях сжатия.

Как видим, понимание необходимости опережающей разработки двигателей с инновациями в мире в то время отсутствовало. Двигатели надо было проектировать быстро вслед за самолетами (цикл проектирования самолета был и остается меньше по времени, чем двигателя к нему) и их делали из того,

что было. В 1970-е гг., когда «Дарт» все еще эксплуатировался вовсю, он производил впечатление совсем уж архаичной конструкции, как будто его проектировал Леонардо да Винчи. Однако его производство прекратили только в… 1987 г. Так что и за рубежом мы видим примеры длительной амортизации типов двигателей. Принцип «инновация ради инновации» тоже не работает как всеобщий. Есть мода «от-кутюр», а есть «прет-о-порте». Есть скаковые лошади и рабочие лошади. Как «лошадка» «Дарт» поработал хорошо — стоял на многих самолетах и налетал к 2005 г. 169 млн часов. Да и запорожский аналог (по мощности, но не по схеме) английского «Дарта» АИ-20 не сильно отстал, налетав за время существования, или жизненного цикла, свыше 100 млн часов.

Турбореактивная модель самолета фирмы «Де Хэвиленд» «Комета-4» была тогда еще инновационным, а следовательно, рисковым проектом. Во всяком случае, рискованно было ставить на него в массовых перевозках. Вслед за «Вискаунтом» ильюшинское ОКБ сделало его удачный советский аналог Ил-18, который около двадцати лет, начиная с 1957 г., был «рабочей лошадью» Аэрофлота. Именно на этом самолете пассажирские перевозки в СССР стали массовыми. Ил-18 задумывался сразу после создания первого послевоенного советского пассажирского самолета Ил-14, оснащенного двумя поршневыми двигателями серии АШ-82Т. Первоначально четырехмоторный самолет Ил-18 планировалось оснастить тоже поршневыми швецовскими моторами АШ-73ТК, уже стоявшими на бомбардировщике Ту-4. И это был бы вполне реальный проект. Но время поршневых моторов заканчивалось и нужно было переходить на газотурбинную технику.

Было золотое время 1960-х! Автор этих строк помнит, как в 1962 г., когда в Москве был только один аэропорт Внуково и не было, разумеется, никаких террористов или автомобильных пробок, безмятежно, можно сказать по-аристократически, выполнялась процедура полета. Регистрация билетов не спеша осуществлялась в «Гранд-отеле» (ныне давно снесенном), примыкавшем к гостинице «Москва» на Театральной площади напротив Музея Ленина. Здесь же подавался автобус, который подвозил пассажиров прямо к трапу самолета во Внуково. VIP, да и только! Вскоре в связи с бурным ростом авиаперевозок в середине 1960-х гг. построили и новый аэропорт Домодедово,

Так на двигатель для новых многообещающих самолетов «Москва» (позднее Ил-18) и «Украина» (позднее Ан-10) был объявлен конкурс, в котором приняли участие Запорожское ОКБ А. И. Ивченко и Самарское ОКБ Н. Д. Кузнецова.

Первый «кузнецовский» двигатель ТВ-2 позже неявно считался как бы НК-2, а дальнейшие порядковые четные индексы отсчитывались от этого первого образца (НК-4, НК-6, НК-8). Несмотря на «однородность» индексов, это были совершенно разные двигатели: НК-4 — турбовинтовой, НК-6 — мощный двухконтурный с форсажной камерой в наружном контуре для сверхзвукового разведчика-бомбардировщика Ту-22, а НК-8 — двухконтурный средней мощности для дозвуковых магистральных самолетов Ту-154 и Ил-62. По «немецкой» традиции существенно более мощный двигатель на базе ТВ-2 получил «прибавку» +10 в индексе и стал известен как НК-12, хотя исторически он появился раньше, чем тот же НК-8. Позже для удобства определения привязки двигателя к самолету использовался индекс самолета (НК-22 для Ту-22, НК-86 для Ил-86). Аналогично истории получения индекса НК-12 прибавкой «десятки» к НК-2 более мощный двигатель для Ту-160 на базе НК-22 получил индекс НК-32.

Итак, на конкурс Ил-18 и Ан-10 представляются проекты турбовинтового НК-4 и первого запорожского газотурбинного двигателя (но уже с амбициозными инициалами главного конструктора) АИ-20 в классе мощности 3000 л.с., т. е. ниже, чем у последних поршневых моторов АШ-2К и ВД-4К. Последующая модификация АИ-20М как раз сравнялась по мощности с «поршневиками» — 4000 л.с., но в отличие от последних весила в два раза меньше. Проект АИ-20, а затем и его реализация в газотурбинной части представлял собой, по сути, еще все ту же немецкую разработку БМВ 109–003. Да и как иначе? ОКБ А. Г. Ивченко не имело никакого опыта создания газотурбинных двигателей, чтобы за два года спроектировать и предъявить на госиспытания новый двигатель. Особенно это касается малонагруженного осевого 10-ступенчатого компрессора и камеры сгорания. Хотя по сравнению с «Дартом» АИ-20 был неплох. Отсюда и «консервативность» проекта по уровню параметров (степень сжатия 7,6 и температура газа перед турбиной 900 °С, позволяющая ее сделать неохлаждаемой): основной вклад в экономичность силовой установки должен был внести высокоэффективный движитель, т. е. винт с его высоким кпд преобразования работы цикла в тяговую работу, а не газотурбинный двигатель, преобразующий теплоту сгорания топлива в работу термодинамического цикла

Отдельно надо сказать несколько слов о камере сгорания. Главными проблемами создания эффективной камеры сгорания всегда стесненного в размерах авиационного ГТД являются:

• Малая скорость распространения пламени (10 м/с) из-за

низкого коэффициента теплопроводности газа (передача тепла идет с помощью молекулярных столкновений по закону Фурье, а газ имеет невысокую плотность, т. е. малое количество молекул в объеме).

• Сильная или, как принято говорить, экспоненциальная (закон Аррениуса) зависимость скорости химических реакций горения от температуры рабочего тела.

Отсюда организация устойчивого горения и, что не менее важно, розжига камеры сгорания, особенно при отрицательных температурах зимой или на высоте определяет габариты камеры сгорания (поперечный и продольный) и схему организации горения. Малая скорость распространения пламени (10 м/с) входит в противоречие с большой скоростью потока в основных узлах двигателя (в среднем 300 м/с), которая только и позволяет иметь минимальный «лоб» авиационного двигателя. Если ориентироваться на ламинарную скорость горения, то никакого малогабаритного авиационного двигателя не получится, а получится прямоточный котел, как на ТЭЦ, величиной с дом. Минимально допустимая скорость по тракту двигателя составляет 100 м/с (в десять раз выше скорости горения) и даже в этом случае, если посмотреть, то наиболее габаритные места в двигателе расположены как раз в районе камеры сгорания (что основной, что форсажной), где и реализуется этот «пониженный» уровень скорости. Дальнейшее снижение скорости потока до требуемого для устойчивого горения уровня 10 м/с (там, где скорость потока должна быть равна скорости распространения пламени) обеспечивается только в локальной зоне (собственно в зоне горения) созданием обратных токов с помощью, например, постановки плохо обтекаемого тела с поперечным вихреобразованием или организацией осевого вихря с помощью специального завихрительного устройства. Так в ядре вихря создается полный спектр осевых скоростей: от отрицательных значений в ядре вихря (обратный ток) с переходом через ноль до 100 м/с, включая и желаемые для нас 10 м/с, на периферии вихря.

Продольный габарит камеры сгорания определяется низкой скоростью горения при отрицательных температурах окружающего воздуха. Для того чтобы процесс горения завершился в пределах геометрических размеров камеры сгорания, необходимо время. А в движущемся газе, да еще со скоростью 100 м/с, соответственно длина, равная произведению скорости потока на время реакции. Если посмотреть на двигатель, например, ВК-1, то мы увидим, что камера сгорания имеет внушительные размеры в сравнении с компрессором, которые как

раз и определяются вышеизложенными соображениями.

Кроме этих проблем, существуют еще и проблемы обеспечения теплового состояния и ресурса как самой камеры сгорания, так и расположенной за ней турбины. Ведь локальная температура в зоне горения достигает 2000 °С, и если хорошо не перемешать продукты сгорания с воздухом, то можно «сжечь» турбину, т. е. ее лопатки. В общем, создание камеры сгорания с «нуля» требует длительной и кропотливой работы опытных инженеров и менее чем за десять лет приличную камеру сгорания создать трудно.

Основные исследовательские работы по нахождению оптимальной схемы организации горения провели немецкие инженеры. Решения, предложенные ими, стали классическими и, по сути, не изменялись в течение пятидесяти лет. Только в последние два десятилетия в связи с изменением приоритетов в сторону уменьшения эмиссии вредных веществ (окислов азота и углерода) появились инновации в области проектирования камер сгорания.

А что же с камерой сгорания АИ-20? А там мы увидим зрелую конструкцию, имеющую основные черты камеры сгорания немецкого двигателя БМВ 109–003. Типология камер сгорания авиационного ГТД имеет две основных ветви: кольцевая и трубчатая. В первом случае камера сгорания имеет кольцевую форму тора, а во втором — несколько (от 6 до 12) отдельных цилиндрических труб, объединяющихся в кольцевое сечение перед самой турбиной. Немецкие инженеры делали и кольцевые (БМВ 109–003), и трубчатые камеры сгорания («Юмо» 109–004). На двигателе АИ-20 стоит камера сгорания БМВ 109–003 один к одному — кольцевая с характерными, погруженными в поток, патрубками смешения воздуха с горячим газом и пусковой форкамерой. Кстати, она и сегодня смотрится вполне современно.

ОКБ Н. Д. Кузнецова к этому времени (1956 г.) было, конечно, значительно более опытным, работая над «настоящим» двигателем НК-12 с уровнем мощности, не имеющим аналогов в мире. Самарские инженеры разработали на конкурс значительно более инновационный проект НК-4, содержащий, в частности, и вошедшие в моду сверхзвуковые ступени компрессора, что позволило сократить габариты и вес двигателя. Компрессор был шестиступенчатый (на 4 ступени меньше, чем в АИ-20!) со степенью сжатия 7,9. Как вспоминает А. П. Зленко, бывший тогда начальником отдела компрессоров в ОКБ А. Г. Ивченко: «Когда проекты двигателей НК-4 и АИ-20 были готовы, их представили на утверждение в ЦИАМ. Первым докладывал Н. Д. Кузнецов, за ним — А. Г. Ивченко. В перерыве члены НТС обменивались

мнениями, и я услышал, как один из сотрудников ОКБ Кузнецова сказал: «Проект НК-4 — это «изящная француженка», а АИ-20 — это «украинская баба». Выручил, как всегда, А. Г. Ивченко, нашедший достойный ответ: «Посмотрим, как поведет себя «француженка» зимой, а «украинская баба», наша «Наталка-Полтавка», морозов не боится» (*Виленский Ю., Муравьев Ю., с. 149*). Речь шла, скорее всего, как раз о розжиге камеры сгорания при отрицательных температурах, что всегда является проблемой.

Сравнительные испытания двигателей на самолетах Ан-10 (с НК-4), построенном в Киеве, и Ан-12 (с АИ-20), строившемся в Иркутске, проходили два года, пока приняли решение в пользу АИ-20. Скорее всего, решение было политическим — у А. Г. Ивченко была мощная поддержка на самом верху. Не только Н. С. Хрущев поддерживал украинский авиапром. Членом Политбюро, курирующим тогда авиапром, был А. П. Кириленко, бывший коллега А. Г. Ивченко по работе, пришедший на работу в Запорожское конструкторское бюро ОКБ-29 после окончания Рыбинского авиационного института одновременно с ним. Если же рассмотреть историю жизни АИ-20, то можно увидеть, что основная работа по модернизации двигателя шла по линии увеличения его ресурса. Правда, и по мощности все-таки было развитие на 10 %. А в части ресурса двигателя, а следовательно, и отработки технологии его производства ОКБ А. Г. Ивченко добилось больших по тогдашним меркам успехов — ресурс АИ-20 до первого ремонта вышел на уровень зарубежных двигателей более 6000 часов. Конечно, этому помогла и принятая концепция «консервативности», т. е. ориентация на невысокий уровень параметров — «украинская хитрость» размена кпд двигателя на кпд движителя. Аллисоновский Т56 для американского военно-транспортного самолета С-130, аналога антоновского Ан-12, был посовременнее. Недавно в Афганистане этот транспортник использовался вообще как… штурмовик — на него поставили мощную, калибром 122 мм, пушку. То, что самолет стал платформой для вооружения, проявилось в полной мере. А для этого особой новизны и совершенства двигателя не требуется. Соответственно и АИ-20 нашел военное применение не только на транспортном Ан-12, но и на морском противолодочном патруле Ил-38, оборудованном соответствующей аппаратурой.

Ниже представлено сравнение по параметрам АИ-20 с зарубежными двигателями-аналогами и последним поршневым мотором Добрынина. Как видно из таблицы, газотурбинные двигатели к этому времени (1950-е гг) уже безоговорочно обошли по всем показателям поршневые, оставив для последних нишу в классе малых (меньше 1000 л.с.) мощностей для легкомоторной

авиации. Эту нишу (спортивный самолет Як-18, легкий вертолет Ка-26) ОКБ А. Г. Ивченко сохранило за собой — мотор АИ- 14В мощностью 225 л.с., девятицилиндровая звезда воздушного охлаждения.

Таким образом, можно утверждать, что газотурбинная родословная ОКБ А. Г. Ивченко ведется от того же немецкого корня, что и ОКБ Н. Д. Кузнецова. При том, что последнее оказало большую помощь в трансляции немецкого опыта на Украину.

Параметр	АИ-20М (Ил-18, Ил-38, Ан-10, Ан-12)	«Роллс-Ройс» с «Дарт» 7 («Вискаунт)	«Аллисон» Т56-А-15 (С-130 «Геркулес»)	ВД-4К, поршневой, (Ту-85)
Мощность, л.с.	3900	2030	4590	4300
Масса, кг	1030	555	828	2135
Схема (количество ступеней компрессора и турбины)	10+3	2ц6+3	14+4	звезда, жидк. охл. 6 рядов по 4 цилиндра
Удельный расход топлива г/л.с. час	250	260	236	270

Поразительно, но технические судьбы ОКБ Н. Д. Кузнецова и ОКБ А. Г. Ивченко взаимно отражаются в дальнейшей истории. И первое, и второе КБ в конце концов перешли к трехвальным схемам двухконтурных двигателей, когда потребовалось повышать параметры, в первую очередь, степень сжатия. Оба ОКБ исповедовали малоступенчатое ядро двигателя. Урок поражения НК-4 в конкурсе с АИ-20, по-видимому, был учтен Н. Д. Кузнецовым: он также стал исповедовать «консерватизм» при выборе параметров новых двигателей, делая упор на совершенствование (кпд) узлов и повышение надежности и ресурса.

По-настоящему ОКБ А. Г. Ивченко состоялось к моменту разработки им трехвального двигателя Д-36 (1977 г.) для самолета Як-42, когда сам основатель газотурбинной тематики ОКБ уже ушел из жизни (в 1968 г.), не дожив до 65 лет. Дальше пришел успех и в разработке на основе Д-36 турбовального Д-136 для тяжелого вертолета Ми-26, и в разработке двигателя большой тяги Д-18 для тяжелого транспортного самолета Ан-124 «Руслан», и в новом так называемом винто-вентиляторном Д-27 для нового «Антонова-70», опередившего аналогичную разработку европейского военно-транспортного самолета А-400М. Историческая роль А. Г. Ивченко велика — он спас Запорожское ОКБ от возможного послевоенного забвения и создал

школу конструирования газотурбинных авиадвигателей на Украине.

По-другому развивалось ОКБ П. А. Соловьева, как мы помним, тоже в 1953 г. после завершения короткой эры поршневой авиации оказавшееся «у разбитого корыта», и тоже вначале выполнявшего субподрядные работы для ОКБ Н. Д. Кузнецова. Ирония судьбы, но в течение последующих многих лет моторные ОКБ Кузнецова, Соловьева и Ивченко будут жестко конкурировать между собой на рынке двигателей для магистральных самолетов, исповедуя различные концепции развития авиационных двигателей. То есть это была не борьба личностей, а борьба идей, школ проектирования, персонифицированная в личностях главных конструкторов.

В начале 1950-х гг. проектов реактивных военных самолетов было много — начало (фаза «А») инновационной волны плюс относительная дешевизна самолета как системы. Ни дорогостоящего оборудования, ни сложного вооружения тогда еще не было. Не было и уникальных требований вроде снижения заметности в разы и десятки раз, требующих для своего выполнения создания новых материалов, тысяч часов экспериментов и т. д. Это сейчас новый самолет — целая история. А тогда проекты легко предлагались, но и так же легко закрывались. Поэтому попадание в проект не давало стопроцентной гарантии успеха. Так получилось и с туполевским проектом двухрежимного (дозвук + сверхзвук) тактического бомбардировщика, для которого Туполевым был выбран Д-20, первый двухконтурный газотурбинный двигатель разработки ОКБ-19. Проект не был реализован в том виде, как задумывался. Правда, была в этом и вина моторного отдела ОКБ Туполева.

Вообще, существует реальная коллизия в отношениях моторных и самолетных ОКБ (та же самая проблема на другом уровне существует и в отношениях между моторными и агрегатными ОКБ). И обусловлена эта коллизия тем, что техническое задание на разработку двигателя выдает самолетное КБ, точнее, его моторное подразделение (являющееся интерфейсом между моторным и самолетным ОКБ), не имея полного представления о свойствах двигателя как системы. Ведь реальным проектированием двигателей моторное подразделение самолетного КБ не занимается. Метод его работы — сравнительный. Как грамотно сформулировать технические требования к двигателю в этом случае? Хорошо сейчас, когда есть развитые математические модели самолета и двигателя, позволяющие провести итерации подгонки множества требований под все условия полета. И то требуется искусство или опыт,

которые уходят вместе с людьми. К тому же и сам самолет в процессе реального проектирования обычно «плывет» по массе в сторону увеличения, а двигатель надо заказывать на ранней стадии проектирования самолета, иначе он не успеет.

К примеру, в неявном виде может существовать требование ограничения предельной потери высоты полета самолета при отказе двух двигателей на четырехмоторном магистральном самолете: ситуация пролета над Гималаями. Если его не заложить в техническое задание на двигатель в виде потребной величины тяги на этом режиме, то потом возникнет неприятный сюрприз — двигатель может оказаться «маловат», как известная кольчужка из фильма «Александр Невский». И тому подобное. Но в 1950-е гг. всего этого не было и в технических требованиях на двигатель могли быть элементарно не учтены присущие ему ограничения. Так случилось и с проектом двигателя Д-20: задали только потребную тягу для обеспечения взлета, после чего оказалось, когда двигатель уже был сделан, что запаса тяги не хватает для быстрого перехода самолета через звуковой барьер из-за большого волнового сопротивления самолета. То есть двигатель оказался маловат. Оказалось, что размерность двигателя зависела именно от этого критического режима, а не от взлета. Правда, А. Н. Туполев компенсировал потерю заказа, переориентировав эту разработку двигателя в гражданское русло. Он решил сделать ближнемагистральный самолет — «половинку» уже успешно летающего среднемагистрального самолета Ту-104. С его лоббистскими способностями это сделать было просто. Так появился проект Ту-124 и двигатель к нему Д-20П, где «П» означает «пассажирский». Беда заключалась только в том, что Д-20 изначально проектировался как короткоресурсный военный двигатель, т. е. с применением более простых конструктивных решений, в первую очередь в части охлаждения (скорее без охлаждения) подшипниковой опоры турбины, а для «пассажира» ресурс двигателя должен был быть большим, ну никак не меньше, чем у уже летающего АИ-20 (6000 часов). Все это вскоре дало о себе знать: при выключении двигателя на самолете Ту-124 после пробега и остановки при посадке двигатель начинал нещадно дымить белым дымом — разлагалось масло при контакте с горячим диском турбины.

Пока утрясались все эти детали, возникла необходимость создания силовой установки для нового большого, долгое время самого большого в мире, вертолета Ми-6. Опыт работы с КБ Миля у П. А. Соловьева уже имелся на предыдущей машине Ми-4, и это оказалось решающим при выборе разработчика двигателя. Первоначально силовую установку для этого вертолета

спроектировали в ОКБ-19 в составе двух газотурбинных кузнецовских двигателей ТВ-2М и редуктора Р-6. Однако работа шла трудно — двигатель был «чужой», редуктор на передачу 11 000 л.с. от горизонтального выходного вала двигателя на вертикальный винт вертолета не имел мировых аналогов и проектировался на базе опыта предыдущей модели меньшей мощности. А в это время уже «поспело» и ядро будущего двухконтурного двигателя Д-20П, а именно компрессор, камера сгорания и турбина. Именно это ядро, включая силовую, так называемую «свободную» (т. е. механически не связанную с ротором турбокомпрессора) турбину привода винта вертолета, и составило новый газотурбинный двигатель, размерность которого как раз подошла для силовой установки вертолета Ми-6. Подвергся модификации и редуктор, получивший обозначение Р-7. Было принято решение предъявлять на госиспытания в 1957 г. силовую установку именно в таком виде: два турбовальных (как позже стали называть вертолетные ГТД) двигателя со свободной турбиной, получивших обозначение Д-25В, и редуктор Р-7.

Забегая вперед, отметим, что именно этот летательный аппарат и заодно с ним силовая установка получили широкий резонанс в мире и сделали известным конструктора авиадвигателей П. А. Соловьева. И, надо отметить, заслуженно. В первую очередь благодаря созданию уникального редуктора — механической передаче большой мощности с высокой степенью редукции (1/70). Для снижения частоты вращения на выходном вале винта в 70 раз (обороты винта 110 об/мин, а обороты силовой турбины — 7700 об/мин) по сравнению с частотой вращения на входном вале силовой турбины редуктор имеет четыре ступени механической передачи. При этом во столько же (70) раз возрастает крутящий момент на валу, который надо компенсировать увеличением размеров диаметра вала. Чтобы представить, что это такое, достаточно указать на массу редуктора — 3250 кг (!) и размеры: высота 2,82 м и ширина 1,65 м. То есть сам редуктор весил на 30 % больше, чем оба газотурбинных двигателя Д-25В. Кроме этого, вся эта трансмиссия должна была еще и обеспечивать работоспособность силовой установки (отключение редуктора от силовой турбины) в случае выключения одного или обоих двигателей в полете и т. д. Муфта свободного хода, без которой в этом случае не обойтись, заставила пережить немало. Ее, хоть и редкий, отказ приводил к тяжелым последствиям в виде катастрофы вертолета. Долго не могли разобраться, при каких условиях нормальная было работа муфты вдруг прекращалась.

Наконец, смазка и охлаждение. Все — проблема в таких сложных системах. Само изготовление, включая сборку и обкатку шестерен редуктора, требует очень высокой культуры производства. Не надо забывать, что мощность в редукторе, в отличие от газовой турбины, передается контактным, т. е. механическим способом. А чем больше мощность, тем больше поверхность контакта зубьев шестерен при их взаимодействии. Соответственно чем больше поверхность контакта, тем труднее обеспечить сам этот контакт по всей поверхности из-за погрешностей изготовления. Шлифовка и притирка зубьев — это один из самых тонких технологических процессов, требующих прецизионного оборудования. А сборка такого редуктора? Любые отклонения соосности валов шестерен приводят к нарушению поверхности контакта с последующим выкрашиванием зубьев. Короче, изготовление авиационных редукторов — это уникальное производство. Неслучайно в качестве альтернативы механической передачи мощности на винт рассматривались схемы безредукторной передачи с помощью тихоходной многоступенчатой силовой турбины, соосной с валом винта. Но в жизни такие схемы распространения не получили — общая масса трансмиссии не становилась меньше. Наиболее интересной была схема, в которой в качестве источника мощности силовой турбины использовался двухконтурный двигатель, а турбина работала на смеси газа и воздуха наружного контура, имеющего низкую температуру. В этом случае вертикально расположенная турбина получалась одноступенчатой и тихоходной, а степень редукции уменьшалась. Не нужна становилась и проблемная коническая шестеренчатая передача. Хотя такая схема в виде проекта Д-30В не была реализована на вертолете, но была сделана в горизонтальном варианте расположения турбины для привода опытных компрессоров на испытательном стенде в Шеньяне (КНР) по заказу китайских товарищей и успешно там эксплуатируется.

Ми-6, а потом и рекордный В-12 с удвоенной силовой установкой Д-25В впоследствии установили множество мировых рекордов по грузоподъемности. Ми-6 и его модификация Ми-10 — «летающий кран» — активно использовались в народном хозяйстве, особенно в труднодоступных северных районах свыше 30 лет до появления тяжелого вертолета В-26 с запорожским двигателем Д-136.

А на выходе (1960 г.) уже был и двухконтурный двигатель Д-20П для ближнемагистрального самолета Ту-124. Создать серийный авиационный двигатель — это значит создать школу конструирования, без школы ничего не выйдет. Двигатель Д-20П

по своим параметрам тоже был инновационным. Имея степень двухконтурности около единицы, он опередил на некоторое время мирового лидера — «Роллс-Ройс» с его однотипным двигателем «Спей». Правда, история создания двигателя «Спей» тоже была драматичной. Спроектированный в 1959 г. (т. е. одновременное Д-20П) под маркой RB.141 для перспективного трехдвигательного ближнемагистрального самолета «Де Хэвиленд» DH 121 с расположением двигателей «на хвосте», он мог вместе с самолетом завоевать большой рынок. Но… при оценке рынка перевозок национальной английской компанией Бритиш Еропеан Эйру-айз (BEA) последняя совершила ошибку в прогнозах и потребовала сделать самолет меньшей вместимости, тем самым добровольно отдав мировой рынок американскому конкуренту (аналогу DH. 121) «Боинг-727». Политическое руководство, как обычно, не поняло ситуацию и согласилось с национальным авиаперевозчиком. «Роллс-Ройс» уменьшила двигатель и с ним «Трайдент» вошел в эксплуатацию в 1963 г. Кроме того, ошибку допустили и проектировщики двигателя при оценке внешнего сопротивления мотогондолы, что привело к занижению проектной степени двухконтурности: думали, что сопротивление будет больше. В результате степень двухконтурности двигателя «Спей» RB. 163 была выбрана равной 1, в то время как оптимальным значением для такого типа двигателей было 2 (как на советском Д-30КУ разработки ОКБ Соловьева). Позже англичане переделали «Спей» на большую степень двухконтурности, но… было уже поздно.

А американцы воспользовались просчетом английских авиаперевозчиков и быстро сделали «Боинг-727» и «Дуглас-9» с самым массовым двигателем JT8D разработки «Пратт-Уитни». Общее количество выпущенных двигателей составило 11845 штук, а суммарный налет двигателей на 2008 г. (за сорок пять лет) составил рекордные 600 (!) миллионов часов. Правда, и американцы не решились принять степень двухконтурности выше единицы. То ли на англичан смотрели, то ли просто испугались риска. Позже и они переделали свой двигатель, получивший обозначение JT8D-209 на большую степень двухконтурности (до 1,75)

В 1962 г. волна ракетного бума докатилась и до ОКБ Соловьева в Перми — влиятельный при Хрущеве главный конструктор В. Челомей, заместителем которого был сын Хрущева, начал проектирование нескольких крупных боевых ракет. Потребовались двигатели. П. А. Соловьев любил все новое, а авиация была не в фаворе — Хрущев решил переориентироваться на ракетную технику. Начинать с нуля —

пустое дело, идти решили по проверенному пути: взять готовый прототип и форсировать его по тяге до требуемого уровня. В ходе этой работы планировали приобрести необходимый опыт разработки ракетных двигателей и создать производственную и испытательную базы. В качестве прототипа был принят воронежский жидкостный ракетный двигатель разработки ОКБ («Химавтоматика») С. А. Косберга, имевшего к этому времени успешный опыт создания двигателей для верхних ступеней ракет. Так замкнулась, казалось, линия судьбы Косберга с Пермью: здесь он бывал в эвакуации, курируя внедрение насоса непосредственного впрыска для АШ-82ФН во время войны, теперь — как издалека шефствующий над моторным ОКБ. Косберг, кстати, базировался на площадке Воронежского механического завода, бывшего до войны моторного завода № 16. И поршневые моторы разработки Запорожского ОКБ здесь продолжали делать и испытывать.

К этому времени на заводе № 19 им. Сталина, переименованном в з-д им. Свердлова, уже было развернуто серийное производство ракетных двигателей конструкции В. П. Глушко, т. е. суперсложная технология была освоена. До сих пор здесь производится двигатель первой ступени ракеты «Протон».

Однако ракетная тематика в ОКБ просуществовала недолго — даже не успели провести ни одного натурного огневого испытания — осенью 1964 г. Пленум ЦК снял Хрущева с поста генерального секретаря, Челомею урезали финансирование, «Химавтоматика» выиграла (естественно) у Соловьева конкурс на оснащение ракеты двигателями своей разработки. Правда, эти косберговские двигатели и впрямь были хороши. Делать косберговские двигатели стали на пермском заводе, а сам С. А. Косберг погиб в автомобильной катастрофе тогда же, в декабре 1964 г., возвращаясь из Москвы домой с воронежского аэродрома по обледенелой дороге. Молодежь из соловьевского ОКБ стала разбегаться — из новых тем осталась одна: газотурбинный двигатель для Туполева (Ту-134). Со сменой лидера страны сменилась и политика — авиация возвращалась, возвращалось на свой исторический путь и Пермское ОКБ-19. Надо было снова бороться за место под солнцем. Соловьев всегда следовал заветам Сунь Цзы, ограничиваясь модернизированной короткой формулой: «настоящий конкурент заходит в турникет позади вас, а выходит впереди». История показала, что Соловьев оказался прав.

Еще раз подчеркнем: главной проблемой выживания для КБ всегда является недостаточный объем серийного производства.

Самолетов Ту-124 было мало, основной «рабочей лошадью» в то время был турбовинтовой четырехмоторный Ил-18 (аналог английского «Вискаунта»), запорожские двигатели которого (АИ-20) большой серией производились тоже в Перми. Поскольку любой серийный завод министерством (тогдашнее министерство, по сути, — огромный концерн по современной терминологии) всегда загружался полностью, то недостаточная серия грозила вытеснением будущих разработок КБ с завода и в перспективе вообще закрытием КБ. Так произошло, например, с Омским КБ, созданным в войну на базе эвакуированного Запорожского (с его двигателем М-88), ставшим в одно время филиалом Пермского в эпоху поршневой техники, затем получившим самостоятельность, а позже закрытым. В новейшее время такая же судьба постигла некогда знаменитое «микулинское» ОКБ-300.

Самому молодому из главных конструкторов — Павлу Александровичу Соловьеву удалось к 1960 г. занять только два летательных аппарата двигателями своей разработки: ближнемагистральный самолет Ту-124 (при поддержке Туполева) и тяжелый вертолет Ми-6, выпускавшиеся к тому же небольшими сериями, несравнимыми с другими самолетами. И то это был успех! Объем же авиационного производства в СССР был гигантский. В 1953 г. на московском заводе № 45, как мы помним, ежегодно выпускали по 3600 двигателей ВК-1 в год, т. е. по десять штук в день! Да и позже, в 1970-е гг., в Рыбинске выпускали в год по 600 двигателей Д-30КП (для военно-транспортного ИЛ-76) разработки ОКБ Соловьева. Учитывая, что в двигателе ВК-1 турбина (наиболее трудоемкий узел) имеет всего одну ступень, а в Д-30КП — шесть ступеней, то становится понятно, что интенсивность производства авиационных двигателей за прошедшие двадцать лет не уменьшилась. Просто двигатели стали минимум в шесть раз сложнее. Тем не менее в Рыбинске в 1970-е гг. вновь вспомнили о конвейерной сборке.

Итак, в 1965 г. ракетную тематику в ОКБ-19 закрыли — Соловьеву не удалось «оседлать» ракетную инновационную волну, которую успешно использовали его коллеги-конкуренты: и Н. Д. Кузнецов, и А. М. Люлька, и В. Я. Климов. Особенно успешно в этом направлении работало КБ Кузнецова, сделавшее удачный ракетный двигатель НК-33 для «лунного» проекта — ракеты-носителя Н-1. В отличие от знаменитой королёвской ракеты-носи-теля Р7, для которой двигатели делал В. П. Глушко, и боевых ракет В. Челомея, для которых двигатели делал С. А. Косберг, «лунную» ракету Н-1 должны были оснащать двигателями, разработанными в авиапроме. Дело в том, что в качестве топлива для этой ракеты были выбрана криогенная пара

кислород + водород, обеспечивающая высокую энергетику, или, как принято в теории ракетных двигателей, высокий удельный импульс (отношение тяги к расходу компонентов топлива). Главный разработчик ракетных двигателей большой тяги В. П. Глушко тяготел к еще более энергетически мощной, но и токсичной паре фтор + водород.

Так получилось, что ракетные двигатели для этой «лунной» ракеты-носителя были заказаны не в Министерстве общего машиностроения (так назывался концерн советского ракетостроения), а в Минавиапроме. Двигатели первой ступени НК-33 (30 штук по 150 тонн каждый!) проектировало ОКБ Н. Д. Кузнецова. Оно же проектировало и двигатели для второй ступени НК-43, по сути, тот же НК-33, только с «высотным» соплом большей степени расширения. По сути, главным конструктором этих двигателей был выдающийся инженер М. А. Кузьмин, о деятельности которого мало что известно. После разработки этих двигателей его силовым способом (с помощью министерства) «перетащил» к себе А. М. Люлька, когда его ОКБ тоже занялось ракетной тематикой для той же «лунной» ракеты Н-1, а именно — разработкой двигателя Д-57 для третьей ее ступени. Надо отметить, что опытная партия ракетных двигателей составляет обычно в три раза больше, чем авиационных (100 штук вместо 30). И эти ракетные двигатели (НК-33, НК-43 и Д-57) были сделаны и доведены! Для этого пришлось развертывать полностью новое производство, испытательную базу и т. д., и т. п. Но доводку ракеты Н-1 бросили на полпути, как это часто бывает, после ряда обычных в таких случаях неудач.

Павел Александрович Соловьев любил новое и при удаче легко перешел бы на ракетное направление. Не получилось, не суждено было. Министр авиапрома П. В. Дементьев в утешение предложил Соловьеву в рамках скромной министерской программы заняться разработкой форсажных двухконтурных двигателей на базе разрабатываемого в ОКБ Д-30 на самолет Ту-134 (для замены Ту-124). «Давай будем выводить новую породу», — при этом сказал Петр Васильевич. Двигатель Д-30 к этому времени (1966 г.) уже подходил к этапу госиспытаний. Он представлял собой развитие Д-20 и, как и предшественник, предназначался для ближнемагистрального самолета (БМС) на 70 пассажиров. Двухчасовые рейсы типа Ростов — Москва — вот его трасса. Хотя автор этих строк летал на нем и значительно дальше, например Москва — Марсель: четыре часа полета без посадки! В отличие от «немодного» уже к тому времени Ту-124 с расположением двигателей в крыле (как у Ту-104), Ту-134 имел «заднее» расположение двигателей, существенно снижающее шум

в пассажирском салоне. Эта мода пошла от французского самолета «Каравелла», главным принципом проектирования которого (в ущерб весовой отдаче самолета) стало обеспечение комфорта пассажиров. Ведь на «Каравелле» «Сюд Авиасьон» стояли «шумящие» английские «движки» «Эвон», как и на «Комете-4». Эта мода стала законом для целого поколения самолетов. Ниже дано сравнение двигателей-аналогов.

Параметр	Spey 512	Д-30 (3-я серия)
Тяга, кг (до +30^{0}С)	5670	6000
Расход воздуха	93	126
Степень двухконтурности	0,7	0,9
Степень сжатия	20,7	20
Схема (число ступеней компрессора и турбины)	5+12 — 2+2	5+10 — 2+2

Так уж получилось, что ОКБ Соловьева сразу начало разрабатывать только начинавшие свое «победное» шествие так называемые турбореактивные двухконтурные двигатели (ТРДЦ). Как мы помним, пионерами в разработке двухконтурных двигателей, как и всей газотурбинной и ракетной техники, были немецкие инженеры. Первый реально работающий двухконтурный двигатель оригинальной схемы DB. 109–007 (ZTL) был разработан на фирме «Даймлер-Бенц» группой доктора Лейста в 1943 г. Напомним, что главное преимущество ТРДЦ перед классическими (одноконтурными) предшественниками — достижение более высокого кпд при увеличении параметров (в первую очередь максимальной температуры газа).

В 1965 г. КБ Соловьева приступило к «осаде» возможных заказчиков, разрабатывая различные техпредложения и проспекты новых двигателей на базе уже созданного Д-30 для Ту-134. Проекты были от самолетов вертикального взлета (в то время занимались этим и Сухой, и Бартини с его идеей сети противолодочных гидросамолетов ВВА-14, т. е. «вертикально взлетающая амфибия») до вертолетов. Разумеется, были и «стандартные» проекты для магистральных самолетов. Линейка магистральных самолетов в мире тогда (1960-е гг.) выглядела следующим образом (см. таблицу ниже).

№п/п	Тип самолета	США	Англия	СССР (1960-е)	СССР (1970–1990)
1	БМС	DC-9 Douglas 2 x JT8D (PW)	BAC 1.11 British Aircraft Corporation 2 x Spey (RR)	Ту-134 2 x Д-30	Ту-164 (проект)
2	СМС	B-727 Boeing 3 x JT8D (PW)	Trident 3 x Spey (RR)	Ту-154 3 x НК-8-2	Ту-154М 3 x Д-30КУ
3	ДМС	B-707 Boeing 4 x JT3D (PW)	VC-10 Vickers 4 x Conway (RR)	Ил-62 4 x НК-8-4	Ил-62М 3 x Д-30КУ

И здесь происходит «чудо» (которое можно было бы и предвидеть проектировщикам самолета) в виде ЧП: уже эксплуатирующийся самолет, флагман Аэрофлота, ИЛ-62 с двигателями Кузнецова (НК-8-4) не может перелететь через Атлантический океан в Америку без промежуточной посадки при сильном встречном ветре — не хватает топлива. Политический скандал — имиджу СССР нанесен урон. И в это время проект двигателя с увеличенной более чем вдвое степенью двухконтурности (а следовательно, и с улучшенной на 10 % экономичностью) в сравнении с конкурентом, попадает к С. В. Ильюшину. Задача обеспечения беспосадочного перелета может быть быстро решена. Одновременно для ускорения решением министерства подключалась производственная база Пермского моторного завода с самого начала цикла создания двигателя (т. е. еще на стадии выпуска опытной партии с первого двигателя). Революционное решение в духе 1930-х гг.: освоение серии идет одновременно с опытной доводкой. Темпы поражают: 2 мая 1966 г. только-только выпущено техзадание на проектирование узлов (термодинамический расчет и определение основных геометрических сечений), а за лето уже выпущены чертежи, осенью изготовлена оснастка, а уже 31 декабря произведен первый запуск двигателя, в ходе которого подтверждена заявленная экономичность.

Но… успех проекта был обеспечен, как всегда, в первую очередь правильным выбором схемы двигателя и размерности его ядра — газогенератора. И решающую роль здесь сыграл ЦИАМ в лице Л. Е. Ольштейна, заявившего: «Бустерные ступени — только через мой труп». Первоначальный проект «по бедности» предполагал использование готового ядра двигателя Д-30, а необходимое увеличение тяги в 1,5 раза (проектируемый двигатель был другого класса тяги) планировалось получить за счет «наддува» поставленными впереди «бустерными» ступенями на валу низкого давления вместе с вентилятором. Как мы

помним, еще американцы «наелись» проблем с «бустерными» ступенями на двигателе TF-30 (самолет F-111). Эти ступени плохо работают при неоднородном поле скоростей потока воздуха на входе в двигатель. Поэтому двигатель JT3D такой схемы нормально работал на B-707, где двигатель подвешен под крылом и имел незагроможденный вход. А вот F-111 с загроможденным сверхзвуковым входом и Ил-62 с расположением двигателей в хвостовой части самолета, куда приходит вихревая пелена с крыла, создавали проблемы для работы бустерных ступеней. Так случилось и с НК-8: при увеличении угла атаки крыла самолета Ил-62 компрессор двигателя входил в срывной режим и двигатель приходилось выключать, чтобы не «сжечь» турбину. Тогда же (1966 г.), уже будучи в годах, С. В. Ильюшин при принятии решения о замене двигателя надтреснутым голосом сказал: «Если двигатель не будет «помпить» при увеличении угла атаки, то я ставлю его на самолет».

Л. Е. Ольштейн был выдающимся инженером, специалистом по компрессорам. Столь же крупным ученым-прочнистом в ЦИАМе был И. А. Биргер, внесший большой вклад в создание отечественных авиационных двигателей. В области разработки и эксплуатации авиадвигателей, как и в политике, всегда существует проблема необходимости принятия решений в условиях неполноты информации. Рано или поздно приходится осознанно рисковать, и далеко не каждый ученый или инженер способен на это. Так вот, и Биргер, и Ольштейн обладали этим редким качеством.

Великолепную организацию работы Пермского моторного завода по освоению производства нового двигателя в тесном взаимодействии с ОКБ осуществляли директор завода М. И. Субботин и главный инженер Д. А. Дическул. Вообще в послевоенной истории Пермского моторного завода самыми крупными вехами явились успешные освоения в производстве газотурбинной и ракетной техники в 1960-е гг.

На короткое время (месяц до запуска американского TF-39 для тяжелого C-5 «Galaxy») этот двигатель (Д-30К) реально оказался самым экономичным двигателем в мире. А в классе тяги 10 тонн этот двигатель долго оставался мировым рекордсменом по экономичности. И сегодня транспортные самолеты ИЛ-76 до сих пор успешно эксплуатируются как в коммерческом, так и в военном применении, имея лучшую экономичность, чем американский аналог C-141 («Старлифтер»). За 30 лет было выпущено 8000 этих двигателей. Аналогичный Д-30КУ двигатель создавался в то же время фирмой «Бристоль — Сиддли», но проиграл конкуренцию инновационному проекту «Роллс-Ройса».

Но природу обмануть нелегко: после триумфа первого запуска двигателя и радужных планов предъявить новый двигатель Д-30К на госиспытания уже в следующем 1967 г. к 50-летию Великого Октября началась полоса проблем. «Салат» из лопаток компрессора, оказавшаяся недостаточной термопрочность лопаток турбины и т. д., и т. п. При обрыве достаточно массивной лопатки второй ступени компрессора она «выбривала» все тонкие и «нежные» лопатки последующих ступеней. И так было не один раз, пока разобрались, в чем дело. Кроме того, потребовалась разработка реверсивного устройства. Вся «теория» оценки рисков полетела к черту: там, где ожидались проблемы, с ними справились нормально, а там, где считалось, что все в порядке (в том числе и серийная лопатка турбины Д-30) — возникла существенная проблема, задержавшая испытания двигателя на целый год и потребовавшая больших усилий руководства рыбинского завода и лично его выдающегося директора П. Ф. Дерунова. В конечном счете госиспытания двигатель прошел только в 1971 г., опытная партия составила те же стандартные 30 штук. Серию передали в производство в Рыбинск, где как раз освободились мощности завода.

Но жестокая конкурентная борьба с ОКБ Н. Д. Кузнецова продолжалась уже на идеологическом фронте.

Н. Д. Кузнецов, естественно, не желая замены своего двигателя на флагмане Аэрофлота Ил-62, начал кампанию по дискредитации самой идеи замены двигателя по экономическим соображениям. Он, в частности утверждал, что соловьевский двигатель не будет иметь большого (3000 часов) ресурса из-за повышенной температуры газа перед турбиной, и, кроме того, не будет иметь преимущества и по… экономичности, несмотря на уменьшение удельного расхода топлива на 10 %. Он утверждал, что весь выигрыш по расходу топлива Д-30КУ в крейсерском полете будет скомпенсирован проигрышем во время набора высоты из-за требуемого более высокого режима работы на двигателях с более высокой степенью двухконтурности. Эта кампания, за которой злорадно наблюдали многие «специалисты», длилась довольно долго. Дело в том, что экспериментальное сравнение рутинных полетов самолетов с разными двигателями не так просто — небольшое (5 %) отличие в скорости полета или высоте (всего 1000 метров, например, вместо положенной высоты полета 11 км полет осуществляется на эшелоне 10 км) может существенно повлиять на количество израсходованного топлива. Где были «ученые», совершенно непонятно — ведь эти утверждения элементарно проверяются с помощью тогда уже существовавших математических моделей.

Наконец, для выяснения истины были специально подготовлены два самолета: Ил-62 с двигателями НК-8-4 и Ил-62М с Д-30КУ («модель «К», унифицированный» с Д-30КП). Они одновременно вылетели из Москвы в Хабаровск на одном эшелоне (высоте) и с одинаковой скоростью. По прилете в Хабаровск остаток топлива был слит и проведено прямое сравнение израсходованного за полет топлива. Все стало ясно, и разговоры прекратились. Победил двигатель Д-30КУ. Но эксперимент был уникальный. Кстати, ввиду большого влияния скорости полета на экономичность воздушно-реактивных двигателей оптимальную скорость полета магистральных самолетов с высокой точностью обеспечивает автомат тяги, или, по современному, ВСУТ — вычислительная система управления тягой. Вручную такую задачу выполнить невозможно — летчик будет «в поту», постоянно поддерживая скорость полета с помощью рычага управления двигателем: то прибавляя режим, то убавляя его.

Одновременно с решением проблемы дальности ИЛ-62 ОКБ Ильюшина получает большой заказ от Министерства обороны (ВТА-военно-транспортной авиации) на разработку большой серией грузового самолета ИЛ-76. На него уже не мыслится никакой другой двигатель, кроме соловьевского Д-30КП (развитие Д-30К, «П» — «перспективный»). Вскоре настает очередь и ремоторизации Ту-154 — преимущество в топливной эффективности нового двигателя очевидно, несмотря на многочисленные «уловки» конкурента. Произошел прорыв на большой рынок (то, что американцы называют «Big Market»). Правда, за счет ухода из ниши ближнемагистральных самолетов, которую со временем занимает Запорожское ОКБ, ныне «Мотор-Сич».

ОКБ Кузнецова получает в качестве утешительного приза заказ на двигатели для советского аэробуса ИЛ-86. Это была эпоха, когда будущее представлялось исключительно в розовом свете; ни терроризма, ни обвала экономики, ни жестокой мировой конкуренции по цене керосина (скачок цен на нефть произошел в 1973 г.) или экологии (ограничения по шуму) не предполагалось. Думали, что будут массовые и дешевые воздушные перевозки отдыхающих в Сочи и Минеральные Воды, для чего и планировался ИЛ-86 по схеме «багаж с собой», разумеется, без всяких досмотров безопасности. Но «враг» не дремал: в это же время ведущие западные фирмы уже разработали новое поколение двигателей с большой двухконтурностью и с лучшей экономичностью. Одновременно стали ужесточаться стандарты по экологии: уровню шума и выбросам вредных веществ. Безусловно,

это было и средством конкурентной борьбы.

Еще когда только появились первые сведения в журналах о разработке этого нового поколения двигателей, наиболее инновационным из которых был, конечно, трехвальный RB.211 («Роллс-Ройс»), стало ясно, что необходимо разрабатывать для ИЛ-86 подобный же двигатель. Самолет живет долго, и если не предусмотреть возможность его ремоторизации, то жизнь этого самолета закончится раньше времени. К сожалению, так и произошло с хорошим самолетом ИЛ-86. Конъюнктурное решение о выборе двигателя НК-86 с малой степенью двухконтурности (а следовательно, и невысоким уровнем максимальной температуры газа якобы для большей надежности) разработки ОКБ Кузнецова привело к тому, что расстояние от крыла до бетона полосы не позволяет поставить на этот самолет двигатель нового поколения, имеющий больший диаметр.

Тем временем шло «выведение породы» двухконтурных двигателей с форсажной камерой для боевых самолетов. И здесь Самарское ОКБ Кузнецова имело фору, уже вовсю работая над амбициозным проектом сверхзвукового пассажирского Ту-144, осуществившего в начале 1968 г. первый вылет, раньше англо-французского «Конкорда». Кроме того, Кузнецов работал и над двигателем такого же типа для туполевского же бомбера Ту-22, а позже и Ту-160. Тем не менее проводились стендовые испытания соловьевского Д-30Ф без (пока что) надежды на установку на самолет.

В 1969 г. вдруг оказалось, что основной истребитель-перехватчик ПВО МиГ-25 не обеспечивает прикрытие со стороны Северного полюса в случае атаки крылатыми ракетами с бомбардировщиков, не заходящих на территорию СССР. «Мигам» не хватало дальности и автономности наведения на цель. Минобороны (ПВО) формирует техническое задание на разработку модификации МиГ-25, а фактически нового перехватчика МиГ-31.

Основные риски создания будущего двигателя (Д-30Ф6) для МиГ-31 выглядели следующим образом.

1. Неизвестно было, сохранит ли работоспособность компрессор двигателя, «привыкший» работать с дозвуковым незатененным воздухозаборником, при его взаимодействии со сверхзвуковым входом.

2. Не произойдет ли самовоспламенения паров топлива при впрыске в камеру сгорания, так как температура воздуха превышала 700 °С.

3. Не перегреется ли масло и вместе с ним опоры подшипников в условиях высокой температуры на входе в

двигатель 300 ˚С.

4. Выдержит ли турбина повышенную температуру газа при условии, что температура охлаждающего воздуха достигает 700 ˚С.

Таким образом, главным риском обобщенно можно было назвать напряженное тепловое состояние создаваемого двигателя, обусловленное применением его на сверхзвуковом самолете. Кроме этих рисков, существовали и две теоретические догмы, которые предстояло опровергнуть:

1. С увеличением скорости полета расчетную степень повышения давления в компрессоре двигателя необходимо уменьшать, при М = 3 степень повышения давления не должна быть выше 5 (как на двигателе Р15БФ2-300 для МиГ-25).

2. Максимальная температура газа перед турбиной должна поддерживаться начиная с взлетного режима у земли.

Чем опасно догматическое мышление? Оно заменяет исследование объекта некоей общей схемой. В результате Центральный институт моторостроения (ЦИАМ) оказался в плену догмы, а ОКБ — нет, так как там всегда шли не от общего, а исследовали сам конкретный объект — двигатель — с использованием его математической модели на базе физических уравнений. К тому времени развитие ЭВМ уже позволяло прогнозировать конкретные характеристики двигателя почти любой схемы с использованием матмоделей отдельных узлов. Поэтому проектировщики, к которым принадлежал и автор этих строк, даже не увидели ничего особенного, что могло бы вызвать какие-то опасения, связанные с физической невозможностью реализации этого проекта.

Вся эта длинная предыстория, кратко описанная выше, как уже отмечалось ранее, нужна для понимания того, как был создан двигатель для перехватчика, который было «невозможно создать» (по заключению ЦИАМ).

И снова Пермское КБ Соловьева «входит в турникет позади сразу двух конкурентов и выходит впереди». На самолете-прототипе МиГ-25 уже стояли двигатели прославленного ОКБ-300, и можно было ожидать предложений от проектировщиков по его развитию. Кстати, именно на этом двигателе была впервые внедрена электронная система управления двигателем. Кроме двигателя Р15БФ2-300 разработки ОКБ-300, уже существовал «в железе» и двигатель такого же класса тяги РД36-41 разработки Рыбинского КБ для сверхзвукового самолета СухогоТ-4. Короче, соперники были достойные. Преимуществом ОКБ Соловьева была освоенная схема двухконтурного двигателя, больше подходившая для

многорежимного самолета, чем традиционная схема классического одноконтурного турбореактивного двигателя. По проекту двигатель, не проигрывая на сверхзвуке (за счет более высоких параметров — температуры), существенно выигрывал на дозвуке в экономичности за счет двухконтурной схемы. Но ведь такой двигатель еще надо было сделать!

Окно возможностей для вхождения в эту интересную и перспективную тему открылось в декабре 1969 г. Надо было быстро (за месяц) сформировать обоснованное техническое предложение для самолетчиков; главным конструктором самолета был известный деятель авиапрома Глеб Евгеньевич («Гнев Ебеньич») Лозино-Лозинский. Тем самым была создана возможность совершить прорыв в область высокотемпературных двигателей. Прототип подобного двигателя Д-30Ф на базе гражданского двигателя Д-30 уже три года как был в работе. Но его размерность (расход воздуха 125 кг/с, т. е. максимально возможная тяга 12 500… 13 500 кг) не подходила для МиГ-25. Требовалось же 15 000… 16 000 кг. Как только определилась размерность двигателя, попытались расчетным способом определить возможность форсирования Д-30Ф до нужного уровня. Ничего не получалось, что бы ни делали. Конечно, можно было «просто» увеличить размеры двигателя, но это — новое «железо» и, самое главное, длительные сроки. Возможность будет упущена. Нужно было «сварганить» двигатель-демонстратор из «готового» или почти готового «железа». В наличии имелось две размерности ядра-газогенератора: Д-30 и Д-30КУ, отличающиеся на 25 %. Первый был маловат, а второй — великоват. Почему-то никому не приходило в голову взять готовый компрессор газогенератора Д-30КУ

и… «отрезать» от него первую ступень. Достаточно простая задача комбинаторики. В этом случае размерность ядра-газогенератора точно подходила под заданную. Предложение такой комбинации было сделано автором этих строк. Если от компрессора высокого давления Д-30КУ одну ступень отрезали, то к вентилятору Д-30 одну ступень приставили спереди. Получилось то, что надо: расход воздуха 150 кг/с, тяга 15500 кг. Двигатель становился реальным. Коллега автора этих строк А. А. Пожаринский предложил отказаться от «догмы № 2», разработав специальную программу повышения температуры газа перед турбиной с увеличением скорости полета самолета. Это обеспечило получение требуемой тяги во второй критической точке: на высоте 20 км и скорости 2500 км/час. Позже ученые ЦИАМ назвали это «температурной раскруткой». Стало ясно, что двигатель получается. Демонстратор быстро может быть сделан

из готовых узлов. За две недели все характеристики были рассчитаны и в срочном порядке переданы в ОКБ Микояна. П. А. Соловьев встретился с генеральным конструктором ОКБ-155 Р. А. Беляковым, и все закрутилось.

И здесь наука в лице ЦИАМ дала письменное отрицательное заключение на проект двигателя, «считая невозможным» создание двигателя с такими высокими параметрами. Прецедента в мире и правда не было, но научный прогноз по смыслу должен выходить за рамки существующего. Техпредложение тем не менее было принято генеральным конструктором ОКБ-155 (МиГ) Р. А. Беляковым — надо было идти на риск. Он же и лоббировал правительственную поддержку, и развернулись работы, особенно интенсивно начиная с 1972 г. Как вспоминал П. А. Соловьев: «Все равно боялись страшно. Вот совещания у Устинова начинались с дискуссии — можно ли сделать такой двигатель? Не верили. Все время поднимали то один вопрос, то другой… А вот Батицкий сильно давил, и Устинов, видимо, хотел такую машину заиметь. И он там объявил, что будем делать этот двигатель. А двигатель Туманского отложили в сторону» (*Соловьев, с. 124*). Маршал авиации Д. Ф. Батицкий был главкомом ПВО.

Ключевым узлом, обеспечившим успех проекта, оказалась конструкция высокотемпературной турбины. Как обычно, первоначальная «готовая» конструкция турбины с Д-30КУ развалилась при горячих испытаниях с имитацией полетных условий (300 °С на входе в двигатель). Потом оказалось, что и в прогнозе максимальной температуры газа ошиблись на…100 (!) градусов. Пришлось разрабатывать эту турбину по-серьезному и заново. Новую компоновку турбины, которая подтвердила свою работоспособность при температуре газа около 1370 °С (!), разрабатывал опытнейший конструктор ОКБ Соловьева М. С. Пресман. В результате этой работы в ОКБ был совершен скачок по уровню температуры газа в 200 градусов. Ведь по шкале цветности во время работы двигателя лопатки турбины светятся оранжевым цветом. Эта турбина позволила вскоре создать и двигатель ПС-90А для нового поколения магистральных самолетов — она вошла в новый двигатель один к одному.

В окончательном виде двигатель, получивший индекс Д-30Ф6, конечно, стал сильно отличаться от первоначального проекта. В первую очередь это касалось материалов: двигатель был сделан полностью только из титана и никеля. А геометрические размеры, определенные тогда еще, в декабре 1969 г., не изменились. Вся десятилетняя работа шла в направлении адаптации узлов к реальным условиям работы. В общем, обычная «обедня» сначала по доводке, а затем и по

обеспечению зачета госиспытаний. Но в успехе, в отличие от ученых, в ОКБ никто не сомневался. А в 1979 г. после интенсивной доводки (опытная партия составила все те же 30 двигателей) двигатель Д-30Ф6 прошел госиспытания, включая войсковые, и стал серийно выпускаться на Пермском моторном заводе. Председателем госкомиссии был маршал авиации Савицкий. Самолет МиГ-31 вскоре продемонстрировал и возможность перехвата крылатых ракет. Север нашей страны оказался прикрыт системой ПВО. И сам самолет существенно стал отличаться от своего прототипа МиГ-25: появились автономная станция наведения, радар с фазированной решеткой и второе место летчика-штурмана (оператор вооружения), более мощное вооружение, корпус стал более жестким за счет применения неразрезных шпангоутов. Последнее стало возможным за счет несколько меньшего габаритного диаметра двигателя Д-30Ф6 в сравнении с Р15БФ2-300: вместо установки двигателя в отсек снизу двигатель стали закатывать на маленьких колесиках по направляющим с «хвоста».

За время летной доводки потеряно было всего два самолета (первый опытный и первый серийный) без жертв. Правда, позже на МиГ-31 во время выполнения начального этапа ординарного полета из-за отказа бортового расходомера разбился опытнейший летчик, шеф-пилот ОКБ Микояна А. Федотов. Отказ расходомера привел к ошибочной (заниженной) оценке полетного веса самолета и потере скорости при развороте на посадку. В сравнении с Су-24 и Су-24М, во время доводки которых было потеряно 14 самолетов и погибло 13 летчиков и штурманов, это — хороший результат.

Самолеты МиГ-31 стали делать в Нижнем Новгороде на том же заводе, что и Ла-5 с пермскими двигателями во время войны, а с «мигом» Пермь снова стала сотрудничать спустя 30 лет после МиГ-3. Именно тогда, в 1941 г., как мы помним, Артем Микоян спас швецовское КБ, согласившись поставить АШ-82 на свой самолет вместо тогдашнего тоже микулинского (опять ситуационная рифма!) конкурента АМ-35. В бесфорсажном варианте новый двигатель нашел свое применение на высотном дозвуковом самолете М-55 «Геофизика» (разработка КБ им. Мясищева), сегодня успешно осуществляющем исследования верхних слоев атмосферы по международной программе.

Принимал ли участие МиГ-31 в воздушном бою над Сахалином в сентябре 1983 г. во время провокации с южнокорейским «Боингом 747», как об этом пишут некоторые исследователи [27]? Вполне возможно: именно с 1983 г. в Южно-Сахалинске стал базироваться единственный авиаполк ВВС,

оснащенный самолетами МиГ-31 (остальные авиаполки МиГ-31 принадлежали системе ПВО).

ЭЛЕКТРОНЫ ВМЕСТО МОЛЕКУЛ

Прошла половина периода (25 лет) классической инновационной волны развития авиационных турбореактивных двигателей. Наступил 1970 г., в котором можно было ожидать инноваций или… стабилизации, перехода к «сумме технологий», перехода от фазы доминирования инженеров к фазе доминирования менеджеров и разработчиков стандартов. Некоторая успокоенность в научно-инженерной среде в это время имела место — казалось, что при достигнутом достаточно высоком уровне эффективности узлов ничего нового придумать уже невозможно. В ЦИАМе, да и в отрасли в целом, в основном стали заниматься формализацией применяемых технологий проектирования двигателей, т. е. разрабатывать стандарты. Хотя в ретроспективе становится понятно, что некие признаки грядущих инноваций были налицо. Но на некоторые инновационные предложения, возникающие, как правило, вне рутинной среды ОКБ, посматривали свысока. Автор этих строк помнит из личного опыта, как в моторном ОКБ примерно в это время снисходительно рассматривали предложение одного научного сотрудника из Казанского авиационного института перейти к трехмерным расчетам течений в газовой турбине, т. е. к тому, что через 15 лет стало обязательной технологией, получившей название 3D-проектирование.

Перехватчик МиГ-31. Аэродром ПВО Большое Савино, 2009.

Проспали время не только ОКБ, но и ведущий научный институт отрасли ЦИАМ. Впрочем, такая самоуспокоенность наблюдается иногда не только в нашем отечестве, но и за рубежом. Вспомним, как в США «проспали» начало инновационной волны турбореактивных двигателей. После войны в Великобритании вначале снисходительно отнеслись к немецким разработкам охлаждаемых лопаток турбин. Макс Бентеле, автор одной из конструкций охлаждаемых лопаток, предлагал англичанам, по сути, совершить рывок в области температуры газа перед турбиной, используя этот опыт, но… англичане были страшно горды созданием жаропрочного никелевого сплава и поэтому считали, что охлаждение — это технология «нищих».

К 1970 году зашла в тупик и разработка гидромеханических систем автоматического управления двигателями, ведущих свою родословную от ранних немецких двигателей. Надо понимать, что, казалось бы, простая функция определения, сколько топлива нужно подать в двигатель, на самом деле превращается в создание сложного счетно-решающего устройства. Это связано с тем, в частности, что в авиационном двигателе изменяется не только режим работы (обороты) и меняется очень динамично («энергично», как говорят в Летно-исследовательском институте, г. Жуковский) в зависимости от желания летчика. Изменяются и внешние условия: высота полета (а вместе с ней давление и температура окружающего воздуха) и скорость полета самолета. Это, в свою очередь, приводит к изменению плотности воздуха, являющегося рабочим телом двигателя. Изменение плотности воздуха тоже надо учитывать при определении потребного расхода топлива. Кроме расхода топлива, в двигателях нового поколения широко применялась и механизация, т. е. управление положением статорных лопаток компрессора, створок регулируемого сопла и т. д.

В результате первоначально сравнительно простой гидромеханический агрегат дозирования топлива превратился в гидромеханический компьютер. В этом «компьютере» в качестве информационных сигналов использовалось давление топлива, а сам счетно-решающий механизм представлял собой набор плотно скомпонованных пространственных кулачков, рычажных механизмов, каналов, золотников и пр. Причем точность «вычисления» такого «компьютера» зависела от температуры топлива, зазоров по золотникам и т. п. Изготовление таких систем требовало прецизионных технологий с высоким классом обработки качества поверхности, обеспечения чистого топлива, свободного от посторонних частиц. Достаточно сказать, что

тонкость фильтрации топлива в этом «компьютере» необходимо было обеспечивать не выше 12–16 микрон. Примером такого гидромеханического компьютера-монстра, явно пережившего свое время, является разработка уже известной нам фирмой «Гамильтон-Стандарт» (до войны разрабатывавшей винты) системы управления двигателя JT9D («Пратт-Уитни») для только что вошедшего в 1970 г. в эксплуатацию пассажирского самолета B-747. Кроме «Гамильтон-Стандарта», ведущими мировыми фирмами по разработке систем управления двигателями были традиционные американские «Вудворд» (Woodward Governor) и «Бендикс» (Bendix). И «Вудворд», и «Бендикс» имели историю: «Вудворд», в частности, известна разработкой системы управления шагом винта, а «Бендикс» — карбюраторов для поршневых моторов. Традиционно Гамильтон работала в связке с «Пратт-Уитни», а «Вудворд» — с «Дженерал Электрик». Забегая вперед, отметим, что сегодня доминирующей фирмой в области разработки систем управления авиационными двигателями является «Гамильтон-Стандарт», а «Вудворд» сохраняет свои позиции на рынке наземной газотурбинной техники. Между тем стало ясно, что дальнейшее развитие по пути усложнения гидромеханики невозможно. И здесь американцы могли бы это сообразить раньше, но их… подвели успехи в создании инженерных шедевров, иначе не скажешь, последних образцов гидромеханических систем.

Повторилась ситуация, подобная попыткам продолжить развитие поршневых моторов по мощности добавлением «звезд» и цилиндров до 36. Эта ситуация должна была бы навести на мысль, что в этой области скоро грядет техническая революция. Но прозрения и высказывания людей, видящих дальше и острее, наталкивались на уже встречавшиеся нам снисходительные улыбки. К тому же к этому времени в нашей стране уже начал складываться опасный стереотип оглядки на заграницу: если этого за границей нет, то, значит, предлагаемая инновация неэффективна или, что хуже, химерична. Именно тогда сформировался штамп: «капиталисты зря деньги не тратят». Хотя, как показывает опыт, и иностранные корпорации с удовольствием тратят «зря»… бюджетные деньги. Зато если какая-либо новинка появлялась за границей, то это начинало восприниматься как некий канон. Ученые, а вслед за ними и чиновники перестали верить самим себе, своему разуму. Но вся проблема заключалась в том, что зарубежная новинка становилась известной уже на зрелой стадии разработки, когда время было уже упущено. Снова надо было догонять или… повторять отработку зачастую тупиковых направлений, распыляя ресурсы.

Главным общим инновационным фактором, который оказал огромное влияние в том числе и на авиамоторостроение, оказался прогресс в области разработки цифровых электронно-вычислительных машин. Здесь речь идет как об ЭВМ общего назначения, давших мощный толчок развитию численных методов моделирования физических процессов и на их основе новой технологии проектирования, так и о специализированных управляющих ЭВМ, заменивших гидромеханические компьютеры.

В апреле 1970 г. к 100-летию со дня рождения Ленина ЦИАМ проводил на базе ведущего в СССР ОКБ-разработчика систем автоматического управления двигателями главного конструктора Ф. А. Короткова представительную конференцию. В СССР, кроме самолетных и моторных ОКБ и заводов, существовала и солидная по масштабам отрасль разработки и производства систем управления (5-й Главк Минавиапрома). Как уже упоминалось, каждый двигатель оснащался сложной и соответственно дорогой системой управления расходом топлива и площадью проходных сечений. Народу в Москве, в доме на улице «Правды», собралось много, в основном инженеры, которых интересовали не вопросы перспективы развития этих систем, а конкретные проблемы обеспечения чистоты топлива в эксплуатации, температуры топлива и т. п. Полный актовый зал инженеров, мужчин, постоянно имеющих дело с «железом». Автору этих строк показалось даже, что в воздухе стоял запах железа и масла, как в механическом цехе. Уходящая натура, но об этом тогда еще никто не подозревал. Вернее, почти никто, кроме одного человека. Этим человеком был очередной докладчик пленарного заседания — Филипп Георгиевич Старос, блестяще говорящий по-русски.

Сказать, что его доклад о перспективах электронного управления двигателями был блестящим, значит, не сказать ничего. Это был прежде всего ученый и инженер, обаяние ума которого покоряло полностью. Как на этой, можно сказать рутинной, скорее инженерной, чем научной, конференции появился специалист такого калибра? Откуда он взялся? В памяти автора из всей этой конференции, проходившей сорок лет назад, запомнился только этот человек.

Ф. Г. Старос, он же Альфред Сарант (Сарантопулос), был американским инженером греческого происхождения, получившим степень бакалавра по электронике в университете Нью-Йорка в 1941 г. Работал в области проектирования систем связи и лаборатории ядерной физики Корнелльского университета (штат Нью-Йорк). Там же участвовал в проектировании циклотрона. К 1950 г. он приобрел опыт в разработке систем связи, радаров, первых американских

компьютеров и электронного оборудования циклотрона. До 1944 г. он был членом американской компартии. В 1950 г. он попал под расследование ФБР антиамериканской деятельности компартии в связи с делом супругов Розенберг (атомный шпионаж в пользу СССР) и в том же году вместе с женой скрылся в Чехословакии, перейдя границу с Мексикой по фальшивым документам. Пять лет спустя в СССР появился «чех», инженер Филипп Старое. Вместе с ним приехал и его коллега Йозеф Берг. Именно Старое инициировал разработку в СССР микроэлектроники (управляющих цифровых машин — компьютеров). Уже в 1956 г. в тогдашнем Ленинграде была организована лаборатория СЛ-11 (спецлаборатория-11). В1958 г. он сделал первый доклад на эту тему перед элитой советской электронной промышленности.

Автор этих строк знает по собственному опыту, что невозможно было не подпасть под обаяние интеллекта этого человека. А в 1959 г. лабораторию Староса посетил председатель ВПК при Совмине СССР Д. Ф. Устинов, после чего в 1961 г. было организовано КБ-2 электронной техники под руководством Староса. В том же 1961 г. был создан Госкомитет, преобразованный в 1965 г. в мощное Министерство электронной промышленности (министр — А. Шокин), одно из знаменитой оборонной «девятки». В 1962 г. в КБ-2 была разработана первая советская управляющая мини-ЭВМ УМ1-НХ, прообраз будущих бортовых компьютеров. По сути, это была первая в мире действующая промышленная мини-ЭВМ (была установлена на Череповецком металлургическом заводе для управления блюмингом), серийное производство которых началось в Ленинграде в 1963 г. Позже комплекс автоматического контроля и управления на базе двух УМ-1НХ был установлен на 2-м блоке Белоярской АЭС. В ноябре 1969 г. Ф. Г. Старосу была присуждена Гос-премия за создание УМ-1НХ, первенца советской мини-ЭВМ.

Тогда же в 1962 г., когда была разработана первая мини-ЭВМ, это бюро посетили Н. С. Хрущев, в числе прочих были главком ВМФ Горшков и министр Шокин. Разработки этого коллектива произвели сильное впечатление на Хрущева. К этому времени Старое и его группа из пяти человек разработали проект Центра микроэлектроники (по типу американской компании Ай-Би-Эм — IBM), который был активно поддержан Хрущевым. В результате был создан центр-наукоград в Зеленограде под Москвой, а также конструкторские бюро в Риге, Минске, Ереване и Тбилиси. Старое был назначен заместителем генерального директора Зеленограда по науке, оставаясь одновременно начальником конструкторского бюро в Ленинграде. К 1964 г. в КБ-2 была разработана микро-ЭВМ

УМ-2 для аэрокосмических систем, в первую очередь разработок Королева и Туполева. На базе УМ-2 была создана многоцелевая управляющая система «Узел» для малых подводных лодок. Затем в начале 1970-х гг. в КБ-2 были получены монолитные БИС (большие интегральные схемы), а далее и семейство однокристальных мини-ЭВМ.

Но в 1964 г. начались интриги — министр электронной промышленности А. Шокин и Ф. Старое вошли в конфликт по вопросам дальнейшего развития отрасли, а главный покровитель Староса Хрущев был снят с поста первого секретаря КПСС в октябре того же года. В1974 г. КБ-2 было включено в состав производственного объединения «Светлана» (сейчас АО «Светлана» — «Микроэлектроника» — так называется бывшее КБ-2 Староса). Ф. Г. Старое уехал на Дальний Восток президентом Дальневосточного отделения РАН, где создал институт искусственного интеллекта, а в 1979 г. безвременно ушел из жизни в возрасте 60 лет. Яркая и продуктивная жизнь талантливого инженера, основателя советской и российской школы микроэлектроники.

Но вернемся к авиамоторам. Нельзя сказать, что на двигателях того времени совсем уж не использовалось электричество: искровые системы зажигания, контроль температуры газа за турбиной с помощью термопар, система электромеханических реле — программатор, отрабатывающий циклограмму запуска — все это отдельные электрические и электронные системы. Но в широком смысле для реализации «умного» управления двигателем, включая и мониторинг его состояния по множеству параметров, требовалась принципиально иная система. Система, получившая позднее с легкой руки американцев название FADEC (в просторечии «Фа-дек»), где ключевыми словами являются «Full Authority», т. е. с «полной ответственностью», без какого-либо гидромеханического резерва. Ну а следующие буквы «D», «E», «C» имеют очевидную расшифровку «Digital» («цифровая»), «Electronic» («электронная»), «Control» (система «управления»). Современная электронно-цифровая управляющая машина авиационным двигателем оперирует 40–50 входными сигналами (дискретными и непрерывными) и порядка 30-ю выходными управляющими сигналами. Частота выдачи решений составляет 50—100 герц, что соответствует частоте среза (пропускаемой частоте) объекта, т. е. двигателя. Но для создания такой машины нужно было разработать не только новые алгоритмы управления и мониторинга, но и встроенные подсистемы самоконтроля, их непротиворечивого взаимодействия, распознавания нормальных и

аварийных ситуаций, реконфигурации программ управления в зависимости от состояния двигателя или самолета, резервирования каналов управления и т. д., и т. п.

Наконец, нужно было разработать технологию отладки оказавшегося чрезвычайно разветвленным программного обеспечения системы управления и мониторинга двигателя как на безмоторном стенде, где двигатель заменен математической моделью, так и во время испытаний его на стенде и в полете. Позже оказалось, хотя это можно было предвидеть, что в слаботочных электросетях передачи информации наводятся сильные электромагнитные помехи, например от срабатывания электромагнитов или переменных контактов в штепсельных разъемах из-за вибраций. Пришлось скрупулезно заниматься помехами, особенностью которых была их кратковременность и случайность воздействия и соответственно трудность распознавания, достаточная тем не менее для сбоя программы. Вопросы молниезащиты, вибраций, повышенной температуры и т. д., и т. п. Вместо проблемы обеспечения качества (чистоты и температуры) топлива в гидромеханике на смену пришла, по сути, аналогичная проблема обеспечения качества электропитания.

Как известно, электронные информационные системы позволяют творить чудеса с обработкой большого количества информации, но их субстанция, элементная база, очень чувствительна к окружающей среде, очень «нежна». А двигатель как преобразователь энергии, естественно, «груб» в своих проявлениях, особенно в вибрациях и температуре. Сочетать эти два разнотипных объекта на одной платформе очень сложно.

Короче, необходимо было создать новые отрасли науки и промышленности. С одной стороны, требовалось развитие теории управления авиационными двигателями как специфическими объектами управления, а с другой — создание более надежной элементной базы электронных систем с минимальным количеством контактов, работающей в жестких условиях воздействия окружающей среды на двигателе. То, что эти проблемы не имели очевидного решения, видно из следующей дилеммы, которая возникла сразу же при практической реализации. Где размещать электронный блок, «мозг» системы управления: на двигателе или в приборном отсеке самолета?

При размещении блока в приборном отсеке мы обеспечиваем ему комфортные условия работы, но… при этом информационные линии связи, т. е. провода отдатчиков, установленных на двигателе, имеют большую длину и соответственно много разъемов, потенциальных источников помех и дефектов. При

установке электронного блока на двигателе линии связи имеют минимальные длину и количество разъемов, но этот блок необходимо охлаждать и гасить вибрации, передающиеся от корпуса двигателя.

Электронные системы управления двигателем пережили быструю, как и все в авиации, двадцатилетнюю эволюцию от автономных аналоговых, расположенных на самолете с питанием от бортсети, до интегрированных (в систему управления самолетом) цифровых, размещенных на двигателе с автономным электропитанием от собственного генератора. Надо отметить, что в этой инновационной волне отечественная разработка электронных систем началась раньше, чем в США. Как уже отмечалось, это было обусловлено успехами американских фирм в разработке следующего, по сути последнего, поколения гидромеханических систем. В СССР тупик этого направления обозначился раньше. Но вот к «Фадеку» пришли раньше американцы благодаря своей более надежной элементной базе.

Инновационные скачки, или «прыжки», в США, как правило, имеют большую, чем у нас, «высоту». Мы же обычно совершаем подобный переход (транзит) не за один, а за два «прыжка» с соответствующей большей затратой времени. Так было с развитием электронных систем, так было и с переходом к двигателям с большой степенью двухконтурности. В последнем случае переход от степени двухконтурности 1 до 5 в мире произошел одним скачком, а у нас за два скачка. Вначале, как мы помним, появился двигатель Д-30КУ со степенью двухконтурности 2,5, а уж потом — Д-36 со степенью двухконтурности 6. Подобный промежуточный этап намечался было в Великобритании на фирме «Бристоль-Сиддли», где двигатель BS.315, аналог Д-30КУ, уже начал проходить стендовые испытания, но вскоре программа его разработки была закрыта в пользу двигателя «Роллс-Ройс» RB.211 с более высокой степенью двухконтурности 5.

Появление инновационной отрасли с практически неограниченными возможностями обработки информации, получаемой от двигателя, вначале, как всегда, поставило психологическую проблему перед разработчиками двигателей. На вопрос разработчиков систем управления: что вы хотите? — вначале разработчики двигателей пожимали плечами. «Да вроде бы особенно нам ничего и не надо». Долгие годы ограничений возможностей управления двигателями, налагаемых гидромеханической природой регуляторов, приучили разработчиков двигателей обходиться малым. То, чего нельзя было реализовать в автоматической системе управления,

записывалось в руководстве по летной эксплуатации (РЛЭ) для бортинженера или летчика. Существовали целые таблицы, по которым в зависимости от внешних условий нужно было устанавливать режим двигателя по оборотам. Как мы помним, еще в 1940-е гг. в документах ВВС отмечалась слабая автоматизация управления двигателем и соответственно большая нагрузка на летчика. Однако перешагнуть через этот барьер оказалось не так просто, как у нас в стране, так и за рубежом. Потребовался новый взгляд на процессы управления в целом. Надо было освоиться в новой ситуации, а для этого тоже нужно время.

И здесь уровень алгоритмических разработок процессов управления у нас в стране в результате оказался по меньшей мере не ниже, чем в США. Во всяком случае, мы не смогли почерпнуть чего-либо нового при знакомстве с американскими разработками. И причина здесь проста: если вы идете от свойств объекта, а не от догм или образцов, то этот имманентный путь развития всегда окажется более обоснованным и, следовательно, продуктивным. Этот путь, кстати, исповедуют и американцы. Автор этих строк был свидетелем, как наши партнеры из «Пратт-Уитни» удивились нашему рассказу о тщательном анализе алгоритмов управления, реализованных в «Фадеке» двигателя FW.2037. С их точки зрения, это совсем не нужно — сам объект «подскажет», как им управлять. И здесь они по большому счету правы. Удачные отдельные схемные, технические решения можно «подсмотреть» и перенять, но системные — нет смысла, они мотивируются реальностью.

Первой действующей электронной системой управления двигателем в нашей стране была Электроника-300, аналоговая система (на лампах) для управления двигателем Р15БФ2-300. Индекс «300» обозначает здесь принадлежность к разработке ОКБ-300 («микулинское»). Технический уровень ее оставлял желать лучшего, но это была пионерская разработка. Как уже упоминалось, к 1970 году необходимость разработки электронно-цифровых систем управления авиационными двигателями уже осознавалась не только на передовом инженерном уровне, но и на уровне «начальников», т. е. Минавиапрома. В самом деле, существовал некий парадокс — ракетная техника была насыщена электроникой, а авиационная — нет. Неудивительно поэтому, что первоначально обратились за опытом и к разработчикам стратегических ракет в части выбора архитектуры бортовых ЭЦВМ.

И все-таки поскольку первоначально будущую бортовую ЭЦВМ собирались размещать в приборном отсеке самолета, то в разработке первых бортовых ЭЦВМ для управления двигателем

активное участие приняли специалисты НИИ АП (авиационного приборостроения). Это было крупное предприятие, но из другого Главка Минавиапрома. Почти одновременно в 1970 г. в Минавиапроме была принята и специальная программа разработки электронной системы управления, получившая название «Атлант». Это было движение к решению проблемы не от самолета, а от двигателя. Ведь, в сущности, интегрированная система управления двигателем на самолете есть интерфейс между двигателем и самолетом. Головным разработчиком этой системы от двигателя было определено агрегатное КБ в Перми, главным конструктором которого был А. Ф. Полянский, который, к сожалению, рано ушел из жизни (в 1973 г., не дожив до 60 лет). Забегая вперед, следует отметить, что генеральным направлением развития бортовых электронно-цифровых систем управления двигателями стало стремление к размещению их на двигателе, а не в приборном отсеке. Отсюда определяющим стало знание двигательной специфики. Поэтому после разработки в НИИ АП системы ЭСУД-32 (что очевидно означает «электронная система управления двигателем») для двигателя НК-32 дальнейшая работа в этом направлении в НИИ АП прекратилась.

Пермское агрегатное КБ постепенно возникло уже после войны (вначале как филиал московского, а в 1957 г. как самостоятельное) на базе эвакуированного из Москвы номерного (№ 33) карбюраторного завода вместе с московским же ОКБ-315. Этот завод и КБ были эвакуированы не на пустое место, а на производственную площадку построенного до войны карбюраторного завода-дублера № 339, «прикрепленного» к расположенному по соседству моторному заводу № 19. Как и большинство московских предприятий, ОКБ-315 позже реэвакуировалось обратно в Москву, на свою площадку на улице «Правды», но кое-какие «семена», некоторая проектная школа, осталась в Перми. Во время войны здесь в ОКБ в Перми работал, в частности, тогда молодой, а позже известный ученый в области систем управления Л. А. Залманзон (1916–1989). Широко известны его «Беседы об автоматике и кибернетике». Позже, перейдя в систему Академии наук (Институт проблем управления), он занимался пневмоникой, т. е. созданием эффективных элементов счетно-решающих устройств и систем управления не на гидравлическом, а на воздушном, т. е. пневматическом, или струйном, принципе. Недостатки гидромеханических систем были известны, и в качестве альтернативы им выступали пневмонические системы как в части счетно-решающих, так и силовых (пневмоцилиндры управления) устройств. Ведь воздуха в воздушно-реактивном двигателе всегда

достаточно любого уровня давления. Такие системы управления двигателями (например, запорожскими Д-18 для Ан-124, Д-36 для Як-42) в свое время были созданы одним из агрегатных КБ (в Омске), специализировавшимся на этих системах.

Для создания школы проектирования сложных систем иногда достаточно наличия одного крупного ученого или конструктора. Такими были и Брилинг, и Старое, и Швецов. Залманзон принадлежал к этому же ряду, хотя в Перми он работал недолго. Его учебник по автоматике авиационных двигателей стал на долгое время такой же классикой, что и учебник Стечкина по теории ВРД.

Так совпало, что в Перми независимо, но одновременно в начале 1970-х гг. стали разрабатываться вскоре оказавшимися инновационными и востребованными программы создания нового двигателя для перехватчика и электронно-цифровых систем управления двигателями. Сама судьба должна была свести их вместе, что и произошло. Более того, возник синергетический эффект: двигатель — объект управления имманентно стал конкретно определять облик будущей системы (ускоряя тем самым процесс ее создания), а электронно-цифровая система придала двигателю новое качество. Последнее определялось предельностью реализованных в двигателе параметров, поддерживать которые старыми гидромеханическими системами с нужной точностью было невозможно. Синергетический эффект произвело и географически близкое расположение (три трамвайные остановки) моторного и агрегатного КБ: любые спорные технические вопросы решались очень быстро.

История создания советской бортовой цифровой мини-ЭВМ управления газотурбинным двигателем требует отдельного изложения, которое не входит в нашу задачу. Отметим лишь, что одной из главных проблем функционирования этих систем оказалась идентификация логического отказа. То, что для надежности необходимо делать систему двухканальной, это было понятно сразу. То, что необходимо было вводить систему самоконтроля, — тоже не вызывало сомнений. Но любой внутренний контроль в принципе не может обеспечить 100 % охвата совершаемых логических операций. Всегда существует ненулевая вероятность возникновения неконтролируемого отказа, в результате чего возможно самопроизвольное изменение режима работы двигателя. Это может привести к аварии и даже катастрофе. Примеры таких опасных ситуаций известны. Как обычно, «по закону подлости» это происходит в самый ответственный момент демонстрации новой техники. Так произошло и с самолетом Ту-204, когда он отправился в первый

предкоммерческий полет по маршруту Москва — Сочи с журналистами на борту и на обратном пути совершил вынужденную посадку в Ростове из-за самопроизвольного увеличения режима работы двигателя с последующим его выключением летчиком. И это происходит не только с нашими самолетами. Случай, подозрительно похожий на только что описанный, произошел и при посадке аэробуса А-310 в Иркутске, когда уже при рулении по полосе «неожиданно» увеличился режим работы двигателя и самолет снес забор. Возникают вопросы и в случае «исчезновения» французского А-330 над Атлантикой. Конечно, работа над повышением надежности электронных систем управления двигателями продолжается и обратного пути нет: двигатели стали очень сложными.

Сегодня мы вновь стоим на пороге «электрического» инновационного прорыва в авиации. Но в этот раз не только информационные связи становятся электронными, но и силовые. Современный самолет является чрезвычайно энергонасыщенной системой. Отсюда и высокий уровень потребляемой мощности, основным источником которой является двигатель. При этом среда, передающая мощность от двигателя к самолету и обратно, имеет разную природу: и молекулярную (гидравлика и пневматика), и электронную (электричество). В первом случае для передачи мощности требуются гидронасосы с гидравлическими магистралями большой протяженности под давлением или воздушные трубы большого диаметра тоже под большим давлением. Особенно «толстой» является воздушная магистраль для подвода сжатого воздуха от вспомогательной силовой установки (ВСУ) самолета к воздушному стартеру на двигателе. Ее всегда можно легко идентифицировать при взгляде на «раздетый» двигатель (без обтекателя-мотогондолы). Все это не только снижает надежность и боеживучесть самолета, но и загромождает пространство вокруг двигателя, увеличивая диаметр его мотогондолы и тем самым внешнее сопротивление силовой установки в целом. Кроме того, для привода тех же гидронасосов или топливного насоса необходима коробка передач с большим количеством шестерен, смазкой и т. п. атрибутами. Наконец, сам механический привод всех этих агрегатов осуществляется от вала ротора высокого давления с помощью длинного валика малого диаметра, и эта длина тем больше, чем больше степень двухконтурности, — агрегаты обычно располагаются на внешнем обводе двигателя. А при большом отношении длины к диаметру этот валик теряет жесткость и возникают проблемы резонансного режима работы. Все эти проблемы усугубляются с увеличением степени двухконтурности

двигателя. Последнее, как мы уже знаем, является генеральной тенденцией развития двигателей для дозвуковых самолетов.

Избавиться от всех этих проблем одним махом можно, переведя все агрегаты на «электрическую тягу». Тогда для проектировщиков двигателей наступит «золотая эра» без труб, насосов, механической коробки передач, смазки! Но для начала, как всегда, надо посчитать, что у нас имеется. На типичном магистральном самолете, рассчитанном на 150 пассажиров, имеется четыре источника мощности [69]: сам турбореактивный двигатель с электрогенератором, гидронасосами и сжатым воздухом (противообледенительная система, запуск двигателя и кондиционирование воздуха в салоне) с общей мощностью отбора 250–400 кВт, вторичный энергоузел на топливных элементах мощностью 150–250 кВт, обеспечивающий только электропитание и пневматику (без гидравлики), резервная воздушная турбина с приводом от набегающего потока воздуха в полете (в случае отказа двигателя) мощностью 30–40 кВт, обеспечивающая аварийное электропитание и гидроуправление самолетом (шасси и закрылки), и, наконец, аккумуляторные батареи мощностью 1–2 кВт для аварийного электропитания только авионики и освещения.

Как же сделать «электрический» самолет и соответственно «электрический» двигатель? Надо поставить мощный и сравнительно легкий электрогенератор с прямым приводом от вала ротора низкого давления, точнее, от турбины низкого давления. Игра стоит свеч.

ПОСЛЕДНИЙ ИЗ «МОГИКАН»

Название хорошего романа может стать и часто становится метафорой исторической ситуации, отсылая ее к контексту романа. Так произошло и со знаменитым романом Фенимора Купера, заголовок которого мы использовали для названия настоящей главы. Единственным отличием от первоначального названия является закавычивание имени индейского племени. «Могикане» здесь — не индейское исчезающее племя, а уходящее с исторической арены поколение настоящих инженеров зрелой фазы инновационной волны развития авиационных двигателей. Уходящее поколение со своей этикой. Как мы уже отмечали, вслед за энтузиастами и инженерами идет третье поколение — поколение жестких финансовых менеджеров, слабо разбирающихся в технике, а процесс проектирования двигателей становится суммой технологий.

Пассажирская реактивная авиация существует 50 лет, а именно с 1954 г., когда первый реактивный самолет «Комета-4» разработки английской частной компании «Де Хэвиленд» начал эксплуатироваться на регулярных линиях. Судьба этого самолета и компании печальна: после ряда катастроф (в частности, разгерметизации прозрачного люка в потолке пассажирской кабины, предназначенного дизайнерами салона для… наблюдения звездного неба) проект прекратил свое существование, а компания разорилась. Другая английская компания «BAC» (British Aircraft Corporation) продержалась с государственной помощью до середины 1970-х гг., выпустив в эксплуатацию линейку удачных машин, более или менее успешно конкурируя с «Боингом» и «Дугласом». Однако долго конкурировать с американским авиапромом на мировом рынке Великобритания не смогла. И это понятно: силы несопоставимы. США — это ведущая морская и авиационная держава, причем не только в технологическом и финансовом плане, но и в инновационном (одно имя Нортроп чего стоит). Кстати, именно по причине своего авиационного доминирования США в свое время и «пропустили» старт в космическом соревновании, и приняли неудачную «самолетную» схему космического челнока. США дожили до того, что у них не стало собственного ракетного носителя: Атлас-5 для своей первой ступени использует российский двигатель РД-180, без которого эксплуатация этой ракеты просто невозможна — не хватает тяги для старта ракеты с более надежным (и более тяжелым) несущим «жестким» корпусом (изначально ракета проектировалась с нежестким корпусом,

наддуваемым при работе двигателей).

Точку в конкуренции с Великобританией поставил Боинг своей моделью «Боинг-747» (1970 г.). По своему опыту пассажира автор этих строк считает этот самолет лучшим в мире, лучше всех последующих моделей «Боинга», включая «летающий сарай» «Боинг-777». Попытка европейцев, в первую очередь французов, помнящих свое историческое первенство в авиации, обогнать США в инновационном проекте сверхзвукового пассажирского самолета (СПС) закончилась коммерческим крахом англо-французского «Конкорда». Но и США здесь так и не смогли предложить работающую альтернативу (американский СПС «Боинг-2707» остался в проекте). Единственное, что предприняли США вдогонку, — это мелкую месть в виде запрета посадки «Конкорда» в аэропорту Нью-Йорка якобы по экологическим соображениям чрезмерного шума.

Только после объединения европейских усилий в компании Airbus (1970-е гг.) и придании ее проектам статуса жизненно важных с беспрецедентной господдержкой объединенная Европа стала успешно конкурировать с США. Ее первый новый продукт — франко-германский аэробус А-300 с американскими двигателями General Electric позиционировался как «воздушный автобус» большой вместимости, по сути, на региональных трассах типа Париж — Тулуза или Франкфурт — Мюнхен. Автору приходилось летать как раз на этих трассах на этом «сарае», иначе не скажешь — настоящий автобус. О какой-то тонкой «оптимальности» проекта говорить не приходится, главное — выполнение функции массовых перевозок наиболее дешевым способом. Двигатель поставили, какой был в наличии, обслуживание на борту — минимальное: воду даже не успевают всем разнести за время полета. На А-300 отрабатывалась технология международного сотрудничества и производства полного цикла создания современного самолета. Для обеспечения этого успеха, в частности, была создана сетевая научная структура, в которой в рамках исследовательских программ было задействовано большинство европейских научных институтов, а не только авиационного профиля. Сегодняшний амбициозный, статусный и суперрисковый проект А-380 должен показать, выиграли европейцы конкуренцию у США или нет.

Советская гражданская реактивная авиация стартовала практически одновременно с английской: в июне 1955 г. автор лично наблюдал на воздушном параде в Тушино пролет первого пассажирского реактивного самолета Ту-104. Это был вполне хороший самолет. Вообще, можно как угодно относиться к нашей авиации, но советская и сегодня российская авиация не знала

таких скандальных катастроф из-за конструктивных дефектов, какие были у американцев. Вот только три известных примера: взрыв центрального топливного бака на B-747 в наборе высоты при вылете рейсового самолета из Нью-Йорка в 1996 г. (все пассажиры погибли), отрыв двигателя от крыла из-за поломки болта передней подвески на самолете DC-10, разгерметизация грузовой кабины с вылетом грузового люка и части фюзеляжа с девятью пассажирами на самолете B-747 и, наконец, недавнее (2009 г.) «исчезновение» над Атлантическим океаном французского A-330 с более чем 200 пассажирами на борту.

Начало эксплуатации B-747 через Тихий океан началось вообще с беспрецедентного решения: четырехдвигательный флагман пассажирского воздушного флота США имел на борту запасной двигатель, притороченный со снятым вентилятором к фюзеляжу с внешней стороны наподобие запасного колеса у автомобиля. «Продуваемый» набегающим потоком воздуха двигатель без снятого и уложенного в самолет вентилятора создавал бы большое аэродинамическое сопротивление. Можно себе представить реакцию современных СМИ на аналогичное решение, если бы оно было принято применительно к российскому самолету. Перечень американских, да и европейских авиационных провалов можно было бы продолжить. Чего стоит, например, «гордость» английской авиации, региональный четырехмоторный (!) самолет BEA-146, на котором по Европе летал Тони Блэр, или самоубийственный американский конвертоплан V-22 «Оспри» для морской пехоты. Все эти издержки технической мысли покрываются государством.

Основным критерием качества магистральной авиации является экономичность перевозок, оцениваемая по параметру затрат топлива при перевозке одного пассажира на один километр, т. е. грамм топлива/пасс. км. За пятьдесят лет этот расходный показатель уменьшился от 70–90 у самолетов Ту-104 и «Комета-4» до 20 (самолеты Ту-214 и A-320), т. е. в четыре раза. И главную роль здесь сыграл технический прогресс в двигателестроении — повышение температуры газа перед турбиной и связанное с ним увеличение степени двухконтурности. А отсюда и повышение кпд двигателя.

Между тем в конце 1970-х гг. на «гражданском» фронте по заказу государства разрабатывается линейка новых самолетов: дальнемагистральный ИЛ-96, среднемагистральный Ту-204 и ближнемагистральный ИЛ-114. Эти самолеты были аналогами уже эксплуатировавшихся на Западе соответственно американских «Боинг-767», «Боинг-757». Как и в случае предыдущего поколения магистральных самолетов, советский

авиапром просто повторял без всяких инноваций западные модели, но с лагом почти на целое поколение. Очевидно, что прямую конкуренцию с Западом в таком случае выиграть невозможно, что и произошло при открытии рынка в 1990-е гг.

Но пока мы — в 1980-х гг. Предстоит новая схватка с конкурентами за двигатели. Вначале конкурентов заранее развели по классам тяги: Н. Д. Кузнецову отдали «большой» двигатель под ИЛ-96, П. А. Соловьеву — «средний» под Ту-204, КБ Климова, где генеральным уже был С. П. Изотов — «малый» турбовинтовой под ИЛ-114. К этому времени ОКБ Соловьева уже десять лет, как вело проектные работы на бумаге по двигателю такого типа (ставшего в конце концов ПС-90), примеряясь к возможной, но так и несостоявшейся, ремоторизации ИЛ-86. Каждый год отдел перспективных разработок КБ Ильюшина (во главе КБ в это время был уже Г. В. Новожилов) заказывало проекты двигателя вокруг одних и тех же параметров. К этому времени ОКБ при разработке двигателя Д-30Ф6 уже освоило высокие температуры, и это дало шанс обойти конкурента по «обходному пути» термодинамической эффективности. Главным «козырем» ОКБ Н. Д. Кузнецова была провозглашаемая им надежность разрабатываемых им двигателей, имевших меньший уровень температуры газа перед турбиной.

Как измеряется надежность авиационных двигателей? Основным показателем надежности является наработка парка двигателей данного типа на одно выключение в полете по причине отказа двигателя за текущий год эксплуатации. Двигатели считаются имеющими хорошую надежность, если этот показатель имеет уровень не ниже 100 000 часов на одно выключение в полете. То есть если большая авиакомпания, к примеру, имеет парк двухдвигательных магистральных самолетов в количестве 100 штук, то за год суммарный налет двигателей этой авиакомпании составит примерно 600 тыс. часов (при среднем налете воздушного судна 3000 часов в год). Это означает, что допускается за год иметь шесть выключений двигателей в полете. Такая надежность достигается не сразу после начала серийного производства и эксплуатации. Но, начиная с некоторого времени, показатели стабилизируются и могут объективно свидетельствовать о надежности всей системы. Если сравнить показатели надежности типичных авиационных двигателей (американских JT9D, CF6-50 и российского ПС-90), то мы не увидим большой разницы Все эти двигатели в вышеприведенном смысле надежны. И, как показывает опыт, нет прямой зависимости надежности двигателя от уровня температуры газа перед турбиной. Надежность двигателя в

большой степени зависит от надежности элементов системы (комплектующих), стабильности технологии производства и грамотного обслуживания двигателя в эксплуатации.

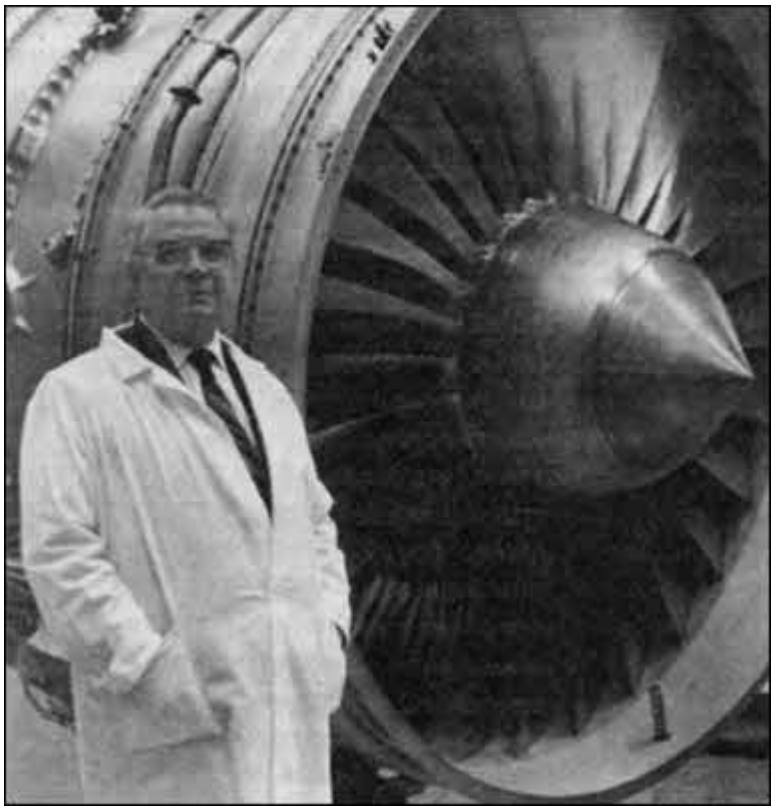
«Роллс-Ройс», создав инновационный трехвальный двигатель большой двухконтурности для широкофюзеляжных самолетов, тем самым создал и моду на «трех-вальность». И Запорожское КБ под руководством Лота-рева (сменившего Ивченко), и Самарское КБ Кузнецова поддались этой моде и, несмотря на сложность трансмиссии, сделали-таки трехвальные двигатели для грузового самолета большой вместимости АН-124 (двигатель Д-18), ближнемагистрального самолета Ту-334 (двигатель Д-436) и стратегического бомбардировщика Ту-160, аналога американского В-1, (двигатель НК-32).

Выбором облика будущего ПС-90 П. А. Соловьев занимался лично, как никаким другим двигателем. Изучая на выставках в Ле-Бурже и Фарнборо зарубежные двигатели-аналоги большей размерности с их впечатляющими фланцами корпусных деталей, он пришел к четкому для себя выводу о предельном диаметре вентилятора (не более 2 метров). «Мастодонтов» делать мы не будем». Не сразу был сделан и окончательный выбор между двухвальной традиционной схемой двигателя и модной в то время трехвальной. В конце 1979 г. Соловьев принял решение в пользу традиционной схемы. Так же остро шла борьба внутри ОКБ о выборе размерности компрессора. В КБ было две базовых размерности, отличающихся на 25 % по расходу воздуха. От выбора размерности при ограничении на диаметр двигателя зависело очень многое, в первую очередь степень двухконтурности, а следовательно, и экономичность будущего проекта. Были и риски по повышенной температуре газа и ограниченности форсирования двигателя по тяге в случае выбора меньшей размерности компрессора. Здесь никто не может предложить решения, кроме главного конструктора — это его выбор. Соловьев принял решение в пользу приоритета экономичности и — выиграл, как показали последующие события.

Главный конкурент Пермского ОКБ тоже не дремал. Опережая ОКБ Соловьева в готовности двигателя (его НК-56 уже вовсю проходил стендовые испытания, а в Перми еще только шла поузловая доводка), Кузнецов вышел с предложением делать вместо двух разных двигателей для ИЛ-96 и Ту-204 один, унифицированный для обоих самолетов. Предложение было разумным, тем более это видно сегодня, когда стало ясно, что внутренний рынок имеет достаточный для рентабельного производства объем только в сегменте ближне-среднемагистральных самолетов. Но в процессе оптимизации

самолетов (проект Ту-204 сделали двухдвигательным вместо первоначально трехдвигательного, а в ИЛ-96 уменьшили пассажировместимость) под один тип двигателя оказалось, что почти готовый НК-56 великоват. А пермский будущий ПС-90 соответственно маловат. Соловьеву пришлось форсировать двигатель по температуре газа, а Самарскому КБ — полностью переделывать свой двигатель, уменьшая геометрические размеры.

Тем временем был объявлен конкурс на двигатель для этих самолетов, окончательная оценка которого должна была быть сделана по результатам натурных испытаний в термобарокамере, имитирующей высотные условия полета. Изменения условий технического задания на двигатель позволили выровнять шансы, самарский задел готовых сборочных единиц, по сути, был обнулен. Параметры ПС-90 были выше, лучше и экономичность, что и было продемонстрировано на испытаниях.



Последний из «могикан», генеральный конструктор П. А. Соловьев.

Победу тогдашний министр авиапрома И. С. Силаев присудил П. А. Соловьеву, несмотря на мнение большинства экспертов в пользу Самары. Позиция экспертов понятна: научно-инженерный потенциал ОКБ Кузнецова, включая мощную лабораторную базу, был объективно выше. Но… судьба в лице министра авиапрома распорядилась иначе.

Как оказалось, это спасло и Пермское КБ и Пермский моторный завод в период краха экономики из-за так называемых «реформ». Инерция позволила «проскочить» этот период, хотя и с потерями, а уже освоенное производство ПС-90 существенно облегчило процесс конверсии авиационных двигателей в наземные газотурбинные установки. Ставка Соловьева на высокие параметры обеспечила конкурентоспособность и наземной техники, о чем тогда никто не задумывался. Наземным применением авиационных двигателей в Пермском ОКБ до 1990-х гг. не занимались — это была прерогатива Самарского КБ. Именно на базе отработавших в эксплуатации турбовинтовых двигателей Н К-12 в ОКБ Кузнецова были созданы первые советские газоперекачивающие агрегаты, которые серийно изготавливали на казанском заводе, бывшем № 16.

Последний «удар» был отбит, когда А. А. Туполев неожиданно попросил увеличить тягу двигателя ПС-90 на 15 % для увеличенной (дальней) модификации самолета Ту-204, получившего обозначение Ту-214. Двигатель и так уже был форсирован в сравнении с первоначальным проектом, и дальнейшее повышение режима было рискованным. Увеличение же геометрических размеров было неприемлемым — нарушалась взаимозаменяемость с таким же двигателем для Ту-204. Что делать? Автор этих строк с коллегой А. А. Пожаринским приехали разбираться в туполевское ОКБ. Пошли к инженерам-аэродинамикам, которые бесхитростно показали нам действительный потребный уровень тяги двигателя при взлете самолета. Оказалось, что при обеспечении взлета Ту-214 даже при одном отказавшем двигателе достаточно тяги 14 тонн. Ас нас просили 18 тонн. То есть даже уже нормального согласованного уровня 16 тонн было лишку! Самолетчики хотели, как всегда, иметь запас на всякий случай, но это было неприемлемо для двигателя. Решение возникло сразу же: ввести так называемый «ЧР» («чрезвычайный режим»), кратковременное использование которого допустить только в случае реального отказа двигателя при взлете. А для этого разработать алгоритм вырабатывания сигнала отказа двигателя при взлете и автоматического вывода исправного (соседнего) двигателя на повышенный до 17,5 тонны тяги режим. Такой алгоритм при участии автора этих строк был

разработан и успешно внедрен на самолете Ту-214. Задача была решена. Во время сертификационных испытаний самолета был продемонстрирован надежный взлет при одном выключенном двигателе и выходе на «ЧР» второго двигателя. И в последующей эксплуатации — ни одного отказа алгоритма или ложного срабатывания!

Самарское КБ, получив утешительный приз в виде заказа на разработку перспективного винто-вентиляторного двигателя со сверхбольшой степенью двухконтурности НК-93, застряло на перепутье — денег на реализацию такого амбициозного проекта у государства не нашлось. В Пермском КБ тоже разрабатывался инновационный проект двигателя, но для гиперзвука — двухконтурный турбопрямоточный двигатель с авторотирующим вентилятором. Волна кризиса накрыла и этот многообещавший проект.

После победы в конкурсе началась настоящая работа. Что такое создание нового двигателя, рассказано ниже.

Опыт создания двигателей свидетельствует, что достижение поставленной цели — сертификации двигателя — в ограниченное время может быть осуществлено при следующих условиях. Аэродинамическая доводка основных узлов (компрессор, камера сгорания, турбина, сопло) должна быть проведена на моделях, стендах поузловой доводки до начала производства и сборки первого образца натурного двигателя. Планирование работ в условиях ограниченности ресурсов как постоянно действующего фактора должно проводиться в соответствии с иерархией приоритетов: поставка опытных двигателей на высотный стенд-имитатор полетных условий, летающую лабораторию и опытный самолет — годовое планирование; сборка, специальные и длительные испытания двигателей — месячное планирование; поставка сборочных единиц на сборку — недельное планирование.

Двигатель сверхбольшой двухконтурности НК-93 на летающей лаборатории ИЛ-76ДП. МАКС-2009.

С чего начинается работа по доводке двигателя, когда первый двигатель собран и поставлен на испытательный стенд? Сначала нужно убедиться, что он не развалится сразу же при выходе на расчетный режим работы. Для этого необходимо после отладки запуска в первую очередь проверить уровень осевых сил, действующих на опоры ротора (подшипники). Далее — определить по уровню температуры газа за турбиной допустимый максимальный режим работы двигателя в данной сборочной компоновке. Как правило, окончательный конструктивный облик двигателя появляется не сразу — некоторые системы имеют промежуточный характер из-за фактора времени. Одновременно проводится оценка главного термодинамического параметра — удельного расхода топлива, или кпд двигателя, с целью определения узлов, где есть недобор эффективности. Если более-менее все в порядке, то один двигатель отправляется на высотный стенд-имитатор, второй — на летающую лабораторию, а третий ставится на опережающие длительные испытания с целью выявления «узких» мест, ограничивающих ресурс двигателя. Еще один двигатель «обвешивается» большим количеством датчиков для проведения специспытаний: тензометрирования и термометрирования лопаток компрессора и турбины. И пошло-

поехало. Все это требует времени и времени большого.

Существенным признаком авиационного двигателя как сложной технической системы является его непрерывное становление, т. е. наличие на каждом этапе жизненного цикла элементов и технологий, «отмирающих» в процессе жизни двигателя, и появление новых конструктивных элементов и технологий, повышающих ресурс, надежность, экономичность и прочих интегральных показателей качества.

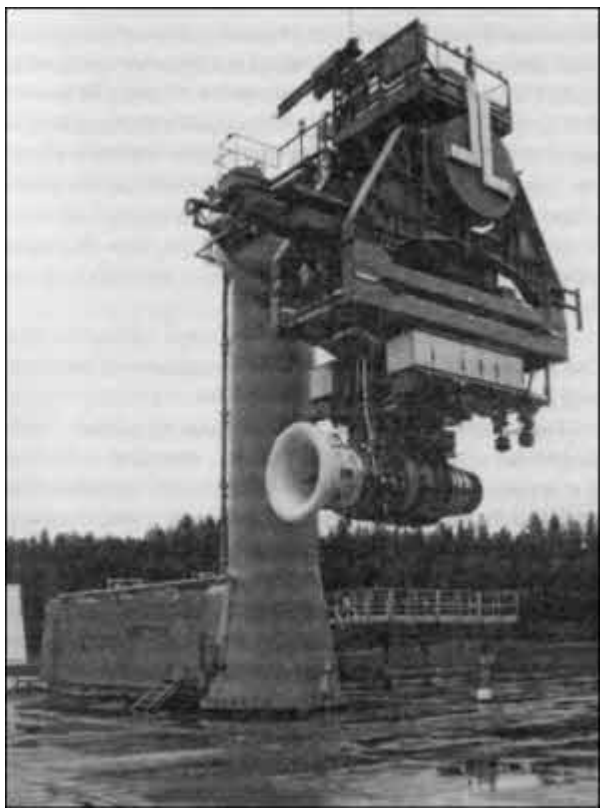
Неполнота априорной информации о тепловых, механических, акустических и других нагрузках в системе двигателя приводит к тому, что в процессе работы создаваемого двигателя неизбежно выявляются дефекты, ограничивающие работоспособность двигателя. Эти дефекты условно могут быть разделены на две основные группы: дефекты, устраняемые настройкой системы без существенных конструктивных переделок, и дефекты, ограничивающие ресурс двигателя и устраняемые изменением конструкции основных узлов.

В качестве примера рассмотрим перечень дефектов (после разборки и дефектации) первого собранного двигателя ПС-90А, прошедшего первые 500-часовые испытания [31]:

- высокая температура под капотом внутреннего контура;
- нестабильный запуск;
- нагарообразование в камере сгорания;
- обрыв отдельных лопаток компрессора высокого давления;
- трещины на крупных лопатках статора вентилятора (диаметр вентилятора около 2 м);
- прогар и оплавление входных кромок лопаток соплового аппарата турбины;
- сколы, трещины и отгиб полок рабочих лопаток турбины;
- поломки трубопроводов;
- течь масла через радиальные зазоры в воздушных лабиринтных уплотнениях.

На первый взгляд мы имеем удручающую картину состояния двигателя, которая может привести в отчаяние неопытного главного конструктора. Однако большинство этих дефектов относятся к первому типу, т. е. достаточно просто устраняются настройкой системы. В самом деле, высокая температура под капотом устраняется увеличением расхода циркулирующего охлаждающего воздуха (т. е. увеличением площади вентиляционных окон обтекателя), прогары лопаток турбины — оптимизацией расположения отверстий для выпуска охлаждающего воздуха, течь масла — изменением расстояния между масляной форсункой и лабиринтом, поломки трубопроводов — выбором точек крепления на корпусе двигателя,

устраняющих резонансные колебания труб и т. д. Дефекты второго типа в принципе обусловливают необходимость существенного изменения конструкции: изменение силовой схемы, числа ступеней турбокомпрессора и т. п. В практике КБ П. А. Соловьева, и в этом персональная заслуга этого последнего из «могикан», ни разу не возникало такой необходимости, что говорит о взвешенности подхода главного конструктора к оценке новизны и рисков. Такой баланс соблюсти очень трудно: идти приходится по лезвию или-или. Или неконкурентоспособность из-за исповедуемой консервативности, или большие риски не уложиться во времени с тем же результатом провала.



Современный испытательный стенд (НПО «Сатурн», г. Рыбинск).

Самым большим капиталом сегодня является пока еще сохранившийся опыт создания надежной авиатехники (что подтверждено 50-летней массовой эксплуатацией воздушных судов советского производства). Такая кредитная история

дорогого стоит. Авиация в России (и военная, и гражданская — это единая неразрывная система) — это инструмент сохранения суверенитета. В этом качестве необходимо рассматривать авиацию (так же, как и космос, очевидно, не являющийся прибыльным бизнесом) как неизбежное «бремя», а не источник прибыли. Если автопром — это чистая коммерция (массовое производство), а космос — чистая дотация (единичное производство), то в авиапроме необходимо сочетать коммерцию и дотацию. Вопрос стоит о минимизации бремени дотации при условии выполнения авиацией своей геополитической функции. Необходим баланс коммерческих и геополитических интересов, когда имеешь дело с авиацией. Именно в нахождении оптимума сочетания этих интересов и заключается сложность (и одновременно инновационность) решения проблемы.

Очевидно, что сегодня в эпоху примата «суммы технологий» международная и внутренняя кооперация жизненно необходима для сохранения позиций на рынке.

И здесь мы наблюдаем исторический зигзаг: начало пермских моторов было связано с американской фирмой «Райт», а возобновление международного сотрудничества уже в форме участия в капитале акционерного общества — с ее тогдашним конкурентом «Пратт-Уитни», авиационное направление которой тоже развилось на базе конструкторской школы Райта.

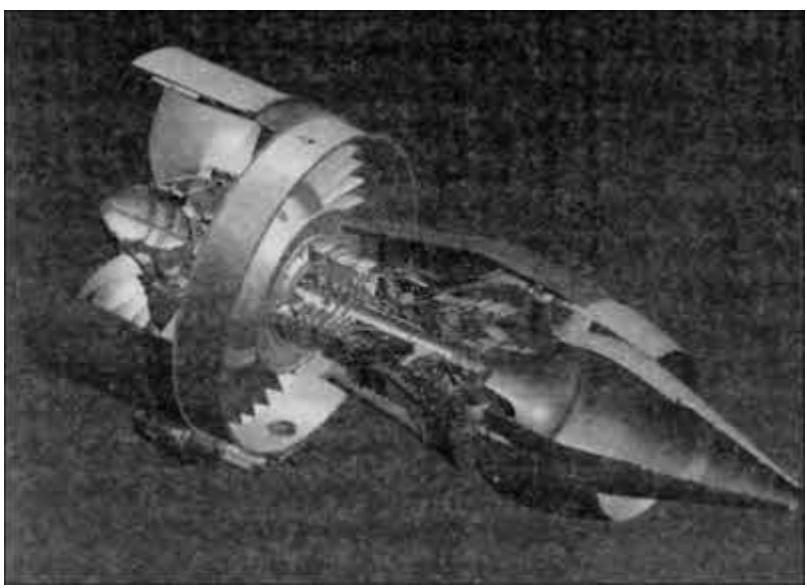
СУММА ТЕХНОЛОГИЙ

Вот и настал XXI век, век геополитических стратегов, политтехнологов и менеджеров, «эффективных» и не очень. Роль личности объективно снизилась (если не учитывать растущую субъективную некомпетентность высшего слоя менеджеров — здесь-то в генерации иррационального роль личности повысилась: глупости невозможно предсказать) не только в обществе, но и в технике. Все больше бал правят технологии. Технологии задают вектор развития, в том числе и при разработке авиационных двигателей. Практически все авиационные двигатели XX века были спроектированы с помощью термодинамического подхода, т. е. с использованием интегральных (осредненных по объему) соотношений, что, в свою очередь, требовало большого объема экспериментальных работ для исследования локальных эффектов нагружения деталей. И сама термодинамика, и сопромат (сопротивление материалов), и теплопередача, использовавшиеся при проектировании двигателей в доинформационную эпоху (до создания ЭВМ со скоростями вычислений порядка петафлопс, т. е. 10^{15} логических операций в секунду) суть термодинамические методы. А фактическое разрушение всегда начинается с локальной трещины.

Таким образом, для повышения уровня проектирования, т. е. более эффективного использования возможностей конструкционных материалов, а следовательно, и уменьшения массы двигателя и повышения его кпд необходимо уметь моделировать процессы нагружения на локальном уровне, т. е распределенные по объему нагрузки с учетом реальной геометрии. Но как только такая задача поставлена, она влечет за собой необходимость столь же подробного моделирования граничных условий нагружения, т. е. соответствия уровней постановок. В нашем случае это в первую очередь решение газодинамических задач обтекания в трехмерной, а иногда и в четырехмерной (с учетом параметра времени) постановках.

Более того, локальность описания граничных условий чаще всего носит сугубо нелинейный характер. Что такое нелинейность? Это в первую очередь большой градиент изменения свойств среды по геометрической координате и времени. Например, резкое изменение нагрузки при наличии концентрации напряжения в случае неоднородностей свойств (постороннее включение в материале, геометрическая неоднородность, связанная с малым радиусом закругления

кромок, и т. д.). Аналогично и в газовом потоке: например, наличие фронта ударной волны или пламени, где параметры потока (давление, температура, концентрация реагентов) сильно изменяются на малом протяжении. Но ведь… и сами давление и температура суть осредненные, термодинамические параметры. На самом деле они не существуют. Это не что иное, как уже осредненное воздействие (давление) или кинетическая энергия (температура) движущихся молекул. А любое осреднение (по пространству или времени) есть погрешность, которая может стать очень значительной в случае уже упомянутой нами нелинейности свойств среды. Таким образом, в этом случае необходимо переходить на уровень описания реально существующих объектов: скоростей молекул (вернее, их статистических распределений), геометрических координат и времени. Кроме молекул и их скоростей на уровне описания газодинамического взаимодействия, ничего другого (ни давления, ни температуры) не существует.



3-D-изображение двигателя в разрезе в виртуальной реальности.

В идущей в мире бескомпромиссной «войне моторов» невозможно победить без соответствия мировому уровню в применяемых технологиях проектирования двигателей. Сегодня проектирование ведется в «виртуальной реальности» (VR —

virtual reality). Ниже мы дадим несколько впечатляющих примеров современных методов проектирования газотурбинных двигателей, в разработке которых принимал участие и автор настоящей книги. Следует отметить, правда, что полностью задача создания новой технологии проектирования еще не решена — требуются большие усилия ученых и инженеров, чтобы эта технология стала повседневной и, что самое важное, всеобщей практикой инженерного проектирования. Но многие элементы этой суммы технологий уже реально действуют в конструкторских бюро. Конечно, новая технология проектирования не упраздняет полностью предыдущую, термодинамическую, но ограничивает ее применение начальным этапом, когда требуется быстро просматривать десятки и сотни вариантов конфигураций будущего двигателя.

Сегодня уже на слуху 3D фильмы, компьютерная анимация и другие технологии создания визуальных образов. В технологии проектирования технических систем все эти 3D и 4D (с движением) технологии появились на двадцать лет раньше. Геометрия стала полностью аналитической и цифровой. Великая инновация Рене Декарта, связавшая любую точку пространства с тройкой чисел (координат), лежит в основе сегодняшней 3D технологии. Сегодня реализована полностью безбумажная технология проектирования и документооборота.

Возможность решать математические задачи численно (не аналитически), появившаяся в начале XX века в том числе в результате разработок соответствующих методов российскими учеными (потребность в этих методах возникла при проектировании броненосцев методами строительной механики — Галеркин и Бубнов) в сочетании с быстродействующими ЭЦВМ, допускающими параллельные вычисления (кластеры), привела к революции в проектирования двигателей. Сегодня [52], например, становится возможным еще на стадии проектирования спрогнозировать такие опасные и непредсказуемые ранее явления, как резонансные и автоколебательные (флаттер) поломки лопаток, и принять соответствующие меры до изготовления «железа» и испытаний. Наконец, проектирование малоэмиссионной камеры сгорания газотурбинного двигателя стало невозможным без интенсивного математического моделирования физических процессов в ней. Виртуальная реальность стала полем битвы непрерывно идущей «войны моторов». Примеров успешного решения проблем проектирования узлов двигателя и анализа реальных дефектов с помощью системы развитых математических моделей можно привести множество.

Результаты 4D-матмоделирования течения газа в колесе турбомашины: моментальное распределение температуры газа в среднем сечении межлопаточных каналов.

Наконец, другим полем битвы сегодня является создание новых конструкционных материалов и даже не столько синтезирование их новых свойств, как то: более высокая термопрочность, удельная прочность (т. е. отношение предела прочности к удельному весу материала) и т. п., но и их сертификация. А вот для сертификации материалов необходимо провести огромный объем испытаний образцов материалов на специальных нагружающих машинах, чтобы определить статистически значимый случайный разброс этих свойств от номинального значения. Если учесть, что испытания, например, на многоцикловую усталость требуют 10^6 циклов нагружения каждого образца, то становится понятно, что «война моторов» отныне ведется и в лабораториях прочности, где непрерывно идут такие испытания. Поскольку эти испытания весьма длительны по времени, то требуется большой парк этих испытательных машин. Несертифицированные материалы нельзя применять на двигателях — авиакомпания, использующая их в моторах на своих самолетах, легко может попасть в «черный список» ненадежных по безопасности компаний и подвергнуться санкциям в виде запрета полетов на наиболее выгодных трассах.

ГИПЕРЗВУК

Где еще существует ниша применения авиационных технологий, т. е. реализации управляемого полета в пределах земной атмосферы? Эта ниша — гиперзвук, т. е. полет со скоростями, в четыре и более (до шести) раз превышающими скорость звука. Как и все технологии, технология гиперзвука — двойная, т. е. гиперзвуковой самолет может быть как гражданского, так и военного назначения. Более того, область гиперзвуковых скоростей может быть использована и для функционирования воздушно-космического самолета.

В 1970—1980-е гг., в эпоху технического оптимизма, в Европе разрабатывались проекты воздушно-космических самолетов с горизонтальным взлетом и посадкой. Эти проекты были прямой конкуренцией американскому «Спейс Шаттлу» («Космическому Челноку»), космическому кораблю многоразового применения. «Челнок», как известно, стартует вертикально с помощью мощного ракетного ускорителя и после выполнения своей миссии приземляется по-самолетному. В Великобритании проект подобного челнока-самолета назывался «HOTOL» (Horisontal Take-Off Landing — «горизонтальные взлет и посадка»). Очевидно, что использование в качестве первой ступени воздушно-реактивного двигателя существенно повысило бы эффективность системы в целом.

В этом случае разгон в слоях атмосферы происходил бы с использованием при горении кислорода самой атмосферы, а не запасенного в баках ракеты.

Если «HOTOL» был проектом полностью ракетного самолета, то в тогдашней Федеративной Республике Германия проект воздушно-космического самолета предполагал применение воздушно-реактивного двигателя на первой ступени. Этот аппарат получил имя «Зенгер» в честь известного немецкого ученого и инженера Ойгена Зенгера, активно работавшего в 1930—1940-е гг. в Германии над созданием ракетных и прямоточных двигателей. Тогда, в 1980-е гг., казалось, что создание воздушно-космических систем вполне возможно. Скорее всего, технически так оно и было. Но эти многообещающие проекты так и не были реализованы по причине дороговизны разработки, непосильной для бюджета одной страны. Тем не менее и сегодня существует возможность возврата к этим проектам на базе международного сотрудничества и соответствующего разделения труда. Сейчас, после завершения концептуально весьма спорной программы американских «челноков», самое время приступить к созданию

такой системы. Во всяком случае, для расширения кругозора полезно знать схему вывода на околоземную орбиту космического корабля с применением авиационных технологий.

Для примера рассмотрим вначале схему работы воз-душно-космического самолета «Зенгер». Это — двухступенчатый аппарат: первая ступень представляет собой гиперзвуковой самолет с турбопрямоточной силовой установкой, работающей на водороде, вторая ступень — ракета с жидкостным водородно-кислородным ракетным двигателем. «Зенгер» взлетает по-самолетному с помощью тяги обычных турбореактивных двигателей. Так же по-самолетному набирает высоту 11 км на дозвуковой скорости. На этой точке траектории (H = 11 км, M = 0,8) самолет может совершать длительный крейсерский полет (1 — й крейсерский режим полета). Далее начинается разгон до числа Маха 3,5 с набором высоты до 20 км. В этой точке траектории турбореактивный двигатель выключается и капотируется, а вместо него включается прямоточный контур. На траектории имеется еще одна точка (2-й крейсерский режим), параметры полета в которой тоже обеспечивают длительный крейсерский полет (H = 25 км, M = 4,5) самолета. Наконец, при достижении высоты 30 км и скорости полета, соответствующей числу Маха полета 6,8, происходит отделение и запуск второй, ракетной ступени. Как мы видим, эта ступень уже разогнана до высокой скорости и, следовательно, для выхода на околоземную орбиту ракете второй ступени потребуется существенно меньший запас энергии (топлива), чем в случае чисто ракетного старта с поверхности земли.

Напомним, что применение углеводородного топлива (керосина) при гиперзвуке ограничено уровнем числа Маха = 4 из-за низкой в сравнении с водородом температуры пламени. Из-за этого ограничения с ростом скорости полета и увеличивающегося кинетического подогрева воздуха на входе при его торможении количество подведенного тепла уменьшается и соответственно уменьшается и совершаемая работа и термический кпд (вспомним формулу Карно). Поэтому для достижения эффективного преобразования химической энергии топлива в работу необходимо применять топливо с более высокой температурой пламени горения. Именно таким качеством обладает водород, но и он имеет ограничения по скорости, а именно $M_{max} = 7$. Альтернативой этому является технология… охлаждения воздуха на входе в двигатель с помощью теплообменника-рекуператора с использованием хпадоресурса запасенного в баках горючего (жидкого водорода, имеющего низкую температуру).

Теоретические разработки гиперзвукового пассажирского

самолета были сделаны в НАСА (США) еще в 1970-е гг. Планировалось создать самолет «Восточный экспресс», способный преодолевать расстояние от Нью-Йорка до Токио за три (!) часа. Этот самолет проектировался на перевозку 300 пассажиров на расстояние 12 000 км с крейсерской скоростью M = 5. Самолет взлетным весом 440 тонн должен был оснащаться четырьмя двигателями по 27,5 тонны тяги (энерговооруженность — те же классические 0,25 для четырехмоторных самолетов). В 1989 г. стартовал международный проект разработки технологий для силовой установки перспективного гиперзвукового пассажирского самолета. Базовой страной для интеграции проекта двигателя была выбрана Япония с участием ведущих мировых разработчиков газотурбинных двигателей «Роллс-Ройс» и «Дженерал Электрик». Проект шел ни шатко ни валко двадцать лет, проводились эксперименты на отдельных узлах будущего турбопрямоточного двигателя, но на выходе результата пока не получилось.

Не стали отставать от США и европейцы: уже в начале XXI века здесь тоже появились проекты гиперзвуковых пассажирских самолетов на 200 (300 тонн взлетного веса) и 300 (400 тонн взлетного веса) пассажиров на планируемой трассе Брюссель — Сидней. Это расстояние будущий гиперзвуковой самолет должен преодолевать за три часа. Насколько реальны эти проекты? С точки зрения экономической эффективности пассажирский гиперзвуковой самолет представляется очень рискованным проектом. Огромные вложения в разработку вряд ли окупятся в его дорогой эксплуатации. Если только… на будущей многолюдной трассе Пекин — Нью-Йорк.

А вот военное и космическое применение гиперзвука совершенно реально и здесь впереди всех, по крайней мере, по продуманности стратегии, находятся США. Более того, НАСА и Военное ведомство США создали совместную организационную структуру, получившую название «Национальная Аэрокосмическая Инициатива» (НАИ), для практической реализации следующего поколения проектов. Намучившись с «челноками» в части прогноза их надежности при многократном применении, НАСА поставило задачу радикального снижения затрат на запуски космических кораблей с помощью разработки носителей нового поколения с применением гиперзвукового самолета. Этот проект аэрокосмического самолета, получивший обозначение X-43 (как и всякий опытный самолет, имеющий индекс «X»), по плану должен быть закончен к 2025 г. летными испытаниями демонстратора. Правда, окончательный выбор типа первой ступени еще не сделан. Рассматриваются оба варианта:

чисто ракетный и на базе газотурбинного двигателя. Но «верхняя» часть первой ступени является гиперзвуковым прямоточным воздушно-реактивным двигателем со сверхзвуковым горением.

Вообще, естественная трансформация оптимального двигателя космического корабля выглядит следующим образом. При старте, когда начальная скорость полета в атмосфере равна нулю, необходимое для производства работы сжатие воздуха осуществляет компрессор газотурбинного двигателя. С увеличением скорости полета все большая часть сжатия происходит при торможении воздуха в воздухозаборнике и все меньшая — в компрессоре. Начиная с числа М полета, равного 3–3,5, компрессор, по сути, вырождается, практически ничего не добавляя к степени сжатия в воздухозаборнике. Здесь газотурбинную часть двигателя целесообразно выключать и переходить на чисто прямоточный контур с дозвуковым горением до скоростей полета порядка М = 5. Следующей оптимальной модификацией двигателя является прямоточный двигатель со сверхзвуковым горением (при М4 температура торможения при обтекании стабилизатора достигает величины воспламенения, и возникает устойчивое горение при высокой, в том числе и сверхзвуковой скорости). И, наконец, при выходе за пределы атмосферы, где воздух имеет малую плотность и не может служить рабочим телом, применяется жидкостно-ракетный двигатель, который использует вместо атмосферного воздуха собственный запас окислителя в баке ракеты или самолета. Необходимое давление в камере сгорания при этом обеспечивается расходом рабочего тела, который, в свою очередь, дают насосы, качающие окислитель и горючее в необходимом количестве.

Если газотурбинные технологии до числа М полета, равного 3, хорошо отработаны, то область работы прямоточного двигателя со сверхзвуковым горением (М4) является проблемной как в научном, так и в практическом плане. И в этом направлении ведутся интенсивные исследования. Кроме того, представляется заманчивым продлить область применения газотурбинного двигателя (пусть и в комбинированном варианте с прямоточным) до М = 4. Тогда в космическом корабле силовая установка для его разгона будет иметь три отдельных модуля: турбопрямоточный, прямоточный со сверхзвуковым горением и ракетный двигатели.

В США принята соответствующая программа разработки так называемого «Революционного Турбинного Ускорителя» (РТУ или, в английской транскрипции, RTA), в которой участвует знаменитая фирма «Дженерал Электрик». В качестве прототипа такого «революционного» двигателя используется F-120, так

называемый «двигатель изменяемого цикла» с механически регулируемыми площадями проходных сечений (в частности, соплового аппарата турбины).

Проблем создания гиперзвукового самолета много. Начиная от недостаточной точности прогноза внешнего сопротивления такого аппарата, а следовательно, и оценки потребной величины тяги силовой установки. Дело в том, что при таких гиперзвуковых скоростях надежность геометрического моделирования при аэродинамических продувках еще требует подтверждения. Неясно, работает ли (скорее всего, не работает) в этом случае теория подобия, столь успешно применяемая при исследовании моделей дозвуковых и сверхзвуковых (но не гиперзвуковых) самолетов. Современные методы расчета и моделирования аэродинамики тоже нуждаются в верификации. Взаимодействие гиперзвукового потока с двигателем и самолетом порождает существенно нелинейные эффекты, которые современные сеточные методы математического моделирования точно описать не могут. Все идет к тому, что доводка таких дорогих систем должна во многом вестись на натуре в летных условиях. Здесь мы находимся в ситуации, аналогичной начальной стадии разработки крупных ракетных двигателей.

Прямоточный контур двигателя со сверхзвуковым горением тоже требует исследований, начиная от разработки новых более легких теплопроводных материалов типа гамма-титан-алюминий или керамических композитов на основе кремния и выбора типа топлива. Нужно иметь в виду, что топливо используется здесь для охлаждения камеры сгорания. И т. д, и т. п.

Какова же ситуация с гиперзвуком в России? И каково здесь возможное применение гиперзвуковых самолетов? Вряд ли следует ожидать применения гиперзвука для вывода на орбиту космических аппаратов и кораблей. В России для этой цели уже давно сложилась надежная система применения ракетных носителей. Не будет в России и гиперзвукового воздушного транспорта — нет такой потребности, да и с экономической точки зрения это нецелесообразно. А вот в области военного применения гиперзвука существуют заманчивые перспективы Надо отметить, что этой темой в России занимаются давно (с 1970-х гг.) в Центральном институте авиационного моторостроения в рамках федеральных целевых программ («Холод» по использованию водорода и др.). Эта тема не только предоставляет прекрасные возможности для развития фундаментальной науки, прежде всего в области механики жидкости и газа, а также физики горения, но и имеет очевидный прикладной характер. Разработка новых математических моделей

процессов, проведение уникальных экспериментов — все это само по себе имеет большую ценность для инновационного развития страны. В случае же создания гиперзвукового носителя оружия оборона страны получает новое качество благодаря повышению скорости реакции и неуязвимости ответа на возможные угрозы.

В ЦИАМ темой ГПВРД (гиперзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель) предметно начали заниматься с 1985 г. (отдел 012, начальник отдела А. С. Рудаков), ориентируясь на создание воздушно-космического самолета. Концепция такого самолета была разработана в ОКБ Туполева, а будущий проект самолета получил обозначение Ту-2000. Но организовать системную работу по созданию такого самолета не удалось по многим причинам, в том числе и из-за отсутствия целевого финансирования. Как известно, начиналась «перестройка», и эта «перестройка» «прошлась Мамаем» по многим проектам. Тем не менее в программе «Холод» было запланировано проведение летного эксперимента ГПВРД, получившего обозначение С-57. Эта работа носила комплексный характер: нужно было подготовить гиперзвуковую летающую лабораторию на базе зенитной ракеты С-200, разработать стартово-пусковой комплекс, создать сам ГПВРД и систему регулирования подачи топлива, бортовую систему хранения и подачи жидкого водорода, заправочный и транспортный комплекс жидкого водорода и т. д.

Сам ГПВРД по техническому заданию ЦИАМ был разработан (с участием Тушинского моторного КБ) в знаменитом воронежском КБ «Химавтоматика» (основатель — С. А. Косберг), разрабатывавшем жидкостные ракетные двигатели как для космоса, так и для боевых ракет В. Челомея. Двигатель имел осесимметричный воздухозаборник и устанавливался в головной части ракеты. В ЦАГИ были проведены аэродинамические продувки воздухозаборника и ракеты С-200. Предприятие «Криогенмаш» разработало систему бортового хранения водорода. Летающую лабораторию, естественно, создавали разработчики С-200. Активное участие в проекте принимали организации Минобороны — испытания планировалось провести на полигоне «Сары-Шаган» (Казахстан).

На летный эксперимент российский ГПВРД вышел раньше американского. Уже в 1991 г. был проведен первый полет с запуском ГПВРД длительностью 27,5 секунды с автоматическим включением и выключением камеры сгорания. Это был крупный успех, несмотря на имевшийся прогар камеры сгорания. Но в 1992 г… финансирование этой программы прекратилось: все мы хорошо помним то время «либеральных» реформ. Деньги нашли

во Франции в обмен на информацию, и в конце 1992 г. было проведено второе, еще более успешное испытание С-57, во время которого двигатель отработал 40 секунд, в том числе более 20 секунд в режиме сверхзвукового горения в камере. При испытании присутствовали и французские инженеры.

В 1994 г. к этой программе подключились и американцы (НАСА) — использовать готовые инфраструктуру и объект исследования было очень заманчиво. НАСА заключило контракт на участие в этом эксперименте с соответствующим финансированием. В качестве цели испытания было сформулировано достижение скорости полета, соответствующее числу M = 6,5, и демонстрация устойчивой работы ГПВРД. В связи с этим требованием ГПВРД был доработан, в том числе улучшена система охлаждения камеры сгорания, и 12 февраля 1998 г. летное испытание ГПВРД было успешно проведено. Двигатель отработал без разрушения положенные 70 секунд и была достигнута максимальная заданная скорость. Следует отметить, что американский ГПВРД Х-43 совершил первый гиперзвуковой полет в 2001 г., достигнув скорости M = 6,8. Несмотря на очевидный успех российского эксперимента, многие задачи остались нерешенными. И одна из главных — определение реального внешнего сопротивления летательного аппарата. Для этого необходим автономный (без ракетного «бустера») полет.

Что же дальше? Американцы пошли своим путем, реализуя масштабную «дорожную карту», получившую название «Гиперзвуковой доступ в космос» с окончанием в 2025 г. Им деваться некуда — «шаттлы» нужно скорее списывать, а летать в космос не на чем. Надо думать, что после двух катастроф «космических челноков» директор НАСА должен был креститься, прежде чем подписать разрешение на очередной полет. У России же денег, вернее, понимания в руководстве страны, для форсирования такой подлинно инновационной темы не оказалось. А вот Франция тоже по бедности «зацепилась» за Россию: экспериментальный гиперзвуковой летательный аппарат LEA длиной 4,2 метра планируется испытывать с помощью российской системы вывода на расчетные параметры полета. Сам аппарат представляет собой классический самолет с «плоскими» воздухозаборником и соплом. Нижние поверхности этого самолета одновременно являются внешними поверхностями торможения потока в передней части и расширения его после подвода тепла в задней части. Контракт (2006 г.) с российской стороны поддерживает Рособоронэкспорт. В числе российских участников предприятие «Радуга» (ракетный «бустер»), ЦАГИ (аэродинамические продувки), Летно-исследовательский

институт им. Громова (телеметрия), ЦИАМ и Московский авиационный институт (отработка процессов горения и математическое моделирование процессов).

Планируется в течение 2013…2015 гг. выполнить четыре полета длительностью 30–40 секунд в диапазоне гиперзвуковых скоростей M = 4–8 на высоте 30–40 км. Вывод на расчетные параметры полета должен осуществляться последовательно с помощью сверхзвукового бомбардировщика Ту-22М3 («бустер» + LEA), затем «бустерная» ракета с аппаратом должны отделиться от самолета, и с помощью нее аппарат должен быть выведен на расчетную высоту, на которой он совершит горизонтальный полет. В результате этих испытаний планируется получить ключевую информацию как о свойствах гиперзвукового самолета, так и о процессах горения и охлаждения в двигателе. Пожелаем успеха этому проекту. Все хорошо, вот только если бы не Оборонпром с его безудержным желанием заработать денег без надежного и, как кажется чиновникам, слишком дорогого инженерного обеспечения.

Кто победит в будущей войне? И как эта война будет выглядеть? Скорее всего, доктрина Дуэ не устарела до сих пор. Война должна начаться массированным нападением с воздуха — это наиболее эффективно и бесконтактно. До космических войн мы еще, слава богу, не дожили, да и дорого это — ведь любое оружие надо не только произвести, но и поддерживать его в боеготовом состоянии, и модернизировать. То есть любой тип оружия, будучи явившимся на свет, становится постоянным пожирателем ресурсов. И чем оно дороже, тем обременительнее владение им из-за его ненасытности. И вот при примерке доктрины Дуэ к будущей войне мы наблюдаем парадокс: массирование возможно только недорогого оружия, а технический прогресс в последнее время шел в сторону все более совершенного и, соответственно, дорогого самолета воздушного боя, апофеозом которого стал 250-миллионный (в долларах) по цене за штуку «Рэптор». Таких самолетов по определению не может быть много — слишком они дороги. «Рэпторы» в одиночестве будут летать в безбрежных просторах пятого океана без надежды победить кого-нибудь в несуществующем воздушном бою.

Слишком высоко и жестко вертикально выстроенная иерархия рано или поздно побеждается более мобильной горизонтальной… сетью. Применительно к нашим делам это значит, что в ближайшее время (в 2020–2030 гг.) мы увидим генерацию и широкое применение беспилотных практически невидимых ударных самолетов с лазерным и микроволновым

оружием. Эти самолеты не будут заранее нацелены на множество точечных целей — они будут собираться так же, как сейчас по мобильному телефону собираются в назначенном месте протестные социальные группы. Самолеты уже есть, просто мы еще не понимаем их сетевую силу роя ос. Этот синтез авиационной и информационной (включая космическую связь и навигацию) технологий есть не что иное, как начало новой инновационной волны в боевой авиации.

Сегодня наиболее продвинутыми программами разработки беспилотных «ударников» являются американская разработка фирмы «Боинг» XB-45 (индекс X, как это принято в США, означает «экспериментальный»), европейская (на базе французской разработки известной самолетной фирмы «Дассо») nEUROn и чисто английская Taranis. Все эти проекты беспилотных «ударников» выполняются по технологии «stealth», т. е. обеспечивающей малую заметность в радио- и инфракрасном диапазонах излучения. Плюс малые размеры благодаря отсутствию пилота и связанных с ним систем жизнеобеспечения, включая кабину. Беспилотник, выполненный по схеме «летающее крыло», не имеет выступающих частей: воздухозаборника, хвостовых стабилизаторов, выступающих сопл двигателя. Плоский, он скользит в воздухе, невидимый и неслышимый, как тень. Технология невидимости «стелс» позволяет самолету безопасно иметь дозвуковую скорость полета, необходимую, в свою очередь, для экономичного длительного (по 12 часов) полета и, соответственно, большую дальность. Взлетный вес такого самолета составляет около 8 тонн. Парадокс, но в начале XXI века мы пришли к размерности тяжелого (для того времени) боевого самолета времен Второй мировой войны. И вместе с тем какая огромная разница в облике, технологиях и тактике применения между тогдашними Пе-2 или Ме-110 и нынешними XB-45 или «Таранисом»!

Итак, однозначно инновационными в этой новой волне развития авиационных технологий будут информационная и тактическая составляющие. А вот что касается двигателя, то здесь существуют три направления развития:

• традиционное с использованием уже существующих газотурбинных двигателей в размерности тяги 4000–5000 кг (поскольку беспилотники будут иметь энерговооруженность, т. е. отношение тяги силовой установки к весу самолета, такую же, как и существующие ныне штурмовики, т. е. около 0,5);

• применение пульсирующих детонационных двигателей, т. е. по сути, возврат к схеме ПуВРД, которую разрабатывал еще в 1930—1940-е гг. Шульц в Германии;

• использование инновационных энергетических источников: солнечных элементов и водорода, запасенного в углеродных нанотрубках.

Сегодня уже определились три основных типа беспилотников, или БПЛА. Это — разведывательные, ударные и высотные беспилотные летательные аппараты. В зависимости от целей назначения определились и размеры, масса этих БПЛА, а также требования к облику двигателя. Ниже представлены примерные параметры этих систем [64].

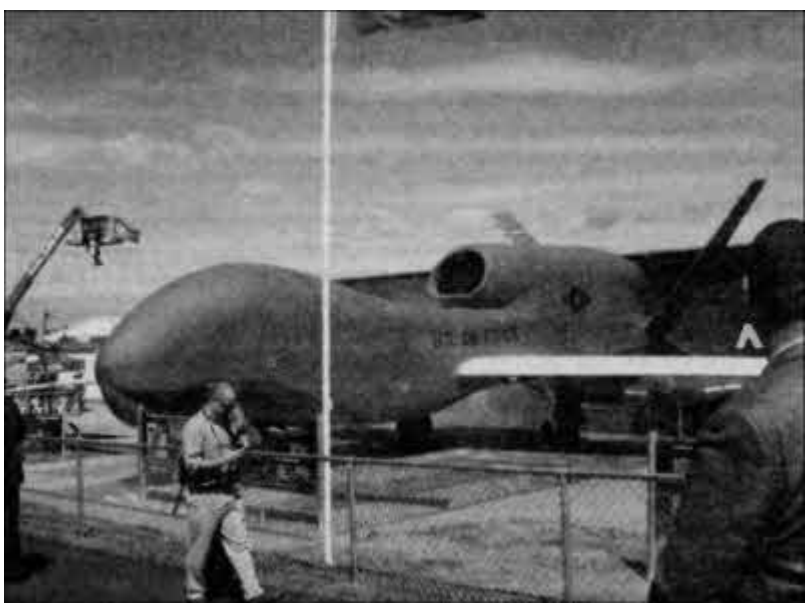
	Разведывательный	Ударный (X47, Neuron, Taranis)	Высотный (Global Hawk)
Тип старта	Воздушный	Взлетная полоса	Взлетная полоса
Масса БПЛА, т	1...3	5...20	5...20
Радиус действия, км	500...1000	1000...5000	36 часов
Потолок, м	12.000	12.000	20.000
Тяга двигателя на взлете, кг	500...1500	2.000...8.000	2.000...7.000
Критерий качества силовой установки	Минимальная цена двигателя	Минимальный расход топлива	Максимальный полный кпд

В настоящее время наиболее продвинутым БПЛА является американский «Глобал Хоук». Он активно применяется в качестве высотного разведчика и даже ударного самолета (Афганистан, Ирак). На сегодня это шедевр синтеза авиационной и информационной технологий. А вот двигатель на нем стоит хороший, но обычный AE 3007. Индекс AE означает «Allison Engines», т. е. по имени знаменитого еще до Второй мировой войны конструктора Аллисона. Но… к разработке этого двигателя фирма «Аллисон» отношения не имеет. Двигатель разработан на «Роллс-Ройсе», а уже потом передан на «Аллисон» в США для его производства. «Аллисон» является американским партнером «Роллс-Ройса» еще со времени освоения в США двигателя «Спей», получившем там индекс TF41.

Двигатель AE 3007 первоначально применялся на региональных пассажирских самолетах известных фирм: канадской «Бомбардье» и бразильской «Embрайер». По своим характеристикам AE 3007 идеально подошел для беспилотника «Глобал Хоук» (тяга 4000 кг с малым расходом топлива), но никаких инноваций в нем нет. Это — всего лишь удачный двигатель, особенностью которого является «классическая» степень двухконтурности (около 5) при малых размерах (диаметр вентилятора всего 978 мм, как на двигателе Д-30 со степенью

двухконтурности 1). Следствием этого является и малая размерность газогенератора (компрессор высокого давления, камера сгорания и турбина), хотя в конструкции это не нашло видимого отражения. Компрессор — традиционный, осевой, 14-ступенчатый. Турбина высокого давления — тоже (двухступенчатая). Главным качеством этого двигателя является его надежность, достигнутая в широкой эксплуатации на региональных самолетах. При применении его на военном самолете США сменили и индекс двигателя: он стал обозначаться как F-137.

Наиболее близким советским аналогом этого двигателя является Д-36 разработки Запорожского ОКБ. Этот трехвальный двигатель стоит на самолете Як-42, имеет тягу на земле 6500 кг и малый расход топлива благодаря степени двухконтурности 5,6. Правда, диаметр вентилятора у него, естественно, побольше (1373 мм).



Беспилотный многоцелевой самолет «Глобал Хоук». Фарнборо-2008.

Успех применения БПЛА «Глобал Хоук», как видно, определяется не столько инновационным двигателем, сколько уникальными характеристиками системы в целом. Этот самолет в подлинном смысле этого слова способен держаться в воздухе свыше 32 часов, летая на высоте выше 70 000 футов (21336 м). На

основании успешного опыта применения «Глобал Хоук» ВМС США заказали 120 таких самолетов. Как можно видеть из таблицы требований, представленной выше, этот самолет, по сути, является универсальным БПЛА, выполняющим и разведывательные, и ударные функции. Но эта универсальность имеет и свои недостатки: недостаточно малую заметность, высокую стоимость, традиционное вооружение. Следующее поколение БПЛА, по-видимому, будет иметь более узкую специализацию. И вот для этого следующего поколения БПЛА следует ожидать инноваций как в разработках двигателей, так и в создании вооружения на новых физических принципах.

Начнем с легкого разведывательного (массой не более 3 тонн) самолета. Как мы видели из таблицы, главным критерием качества силовой установки такого БПЛА является ее минимальная стоимость. Обычные газотурбинные двигатели имеют ограничения по минимальному размеру, хотя и известен пример изготовления в лаборатории Массачусетского технологического института полноценного ГТД (с ротором и камерой сгорания по схеме Охайна) мощностью 50 ватт размером с монету с помощью технологии производства печатных плат (вытравливанием лопаток).

Итак, газотурбинный двигатель для данного типа самолета не является оптимальным хотя бы потому, что имеется другое решение. А именно, схема пульсирующе-детонирующего двигателя (ПДД или, в английской транскрипции, очевидно, PDE, где «E» — «engine», т. е. двигатель). Если в поршневых двигателях от детонации топ-ливо-воздушной смеси пытались уйти всеми способами, замедляя процесс горения разного рода присадками к топливу, то в ПДД наоборот, именно детонация (быстрое сгорание и вызванная этим ударная волна) позволяет реализовать эффективное преобразование химической энергии топлива в тепло, а затем и в работу расширения без применения клапанов. Но для этого нужна труба, открытая с одного конца, чтобы было, куда расширяться. Закрытый же (передний) конец трубы воспринимает повышенное в результате детонационного горения давление и тем самым передает получающееся усилие (тягу) на самолет. Заметим, что в поршневом двигателе объем является замкнутым (с помощью клапанов), и поэтому детонационное горение приводит к недопустимым нагрузкам. Процесс в ПДД организован следующим образом: свежая топливо-воздушная смесь поступает в трубу и поджигается. Благодаря высокой скорости горения происходит локальное сильное повышение температуры и давления (как при взрыве) — формируется фронт ударной волны, которая со сверхзвуковой скоростью

распространяется вдоль трубы в обе стороны: ко входу и к выходу. Этот фронт имеет за собой высокую температуру и, проходя вдоль трубы, поджигает смесь. Этот же фронт выполняет и функцию клапана, блокируя конвекцию смеси до окончания горения. Из-за большой скорости перемещения фронта ударной волны процесс горения происходит «мгновенно»; фактически реализуется горение при постоянном объеме подобно поршневому двигателю. Далее поступает новая порция смеси, и процесс повторяется.

Конечно, простота эта во многом кажущаяся: в реальности существуют проблемы реализации этого идеального цикла. Но эти проблемы решаемы, а выгода применения такого типа двигателя в сравнении с газотурбинным очевидна. Кроме простоты схемы и большего на 30 % кпд, ПДД обладает еще одним преимуществом: он может работать в большом диапазоне скоростей полета (от M = 0 до гиперзвуковых скоростей M = 4–5). Тактическое применение разведывательных БПЛА с двигателем такой схемы предполагает быстрый выход в район цели с гиперзвуковой скоростью с дальнейшим выключением двигателя и нахождением над целью (например, полем боя) в режиме планирования. Возвращение БПЛА происходит в обратном порядке.

Есть, однако, у ПДД и неприятные особенности его работы: сильные вибрации и шум, обусловленные пульсирующим режимом его работы (частота пульсаций — циклов прохождения ударной волны — составляет обычно 100–150 герц). Эти вибрации, в частности, оказывают неблагоприятное воздействие и на аппаратуру наблюдения, смонтированную на БПЛА. Для уменьшения этого неблагоприятного фактора предусматриваются постановка демпферов и применение многотрубной конструкции подобно многоцилиндровому мотору. В этом случае процесс в детонационных трубах организуется со сдвигом по фазе (времени).

Ударный самолет — БПЛА, являющийся, по сути, платформой для несения вооружения, имеет существенно большие размеры и массу в сравнении с разведывательным. В связи с этим к нему возрастают и требования по незаметности в радиолокационном и инфракрасном диапазоне излучения. Очевидно, что в этом случае используются технологии «стелс», уже отработанные на пилотируемых самолетах F-117 и B-2. Но благодаря отсутствию экипажа и связанных с ним систем жизнеобеспечения в ударном самолете — БПЛА его «заметность» становится настолько малой, что впору говорить о его практической незаметности. Вы можете просто не знать, что

ударный БПЛА уже давно барражирует над целью, например, стартовой позицией баллистической ракеты или обнаруженной подводной лодкой. И в момент старта ракеты этот БПЛА может поразить ее либо электромагнитным импульсом, либо обычным «выстрелом». Главной проблемой применения ударных БПЛА как противоракетного оружия является создание надежной системы управления сетью из сотен или даже тысяч таких самолетов. Т. е., это проблема — информационная. И здесь опять США имеют фору перед Россией как по степени развитости таких систем и опыту их построения, так и по радиусу действия ударных БПЛА. Скорее всего, применение ударных БПЛА типа Х-47 разработки «Нортроп — Грумман» будет осуществляться с авианосцев. Этот тип носителей идеально подходит для БПЛА, этих подлинных самолетов XXI века. Так авианосцы приобретают новое качество. Если представить себе боевое применение БПЛА с авианосцев, то мы увидим картину один за другим взлетающих и бесследно растворяющихся в небе беспилотников и затем из ниоткуда прилетающих и садящихся на палубу самолетов. Учитывая наличие у БПЛА функции автоматической дозаправки в воздухе, следует считать ударные БПЛА грозным оружием.

Что же касается двигателя для ударного БПЛА, то здесь ожидать каких-либо инноваций не следует. Опыт применения AE3007 на «Глобал Хоуке» оказался удачным, и, скорее всего, он будет транслирован и на ударном БПЛА.

А вот для высотных беспилотных разведчиков, находящихся в небе свыше полутора суток с очевидной целью выявления и подсветки скрытых целей для последующих воздушных ударов ударными БПЛА на большой глубине территории противника, возможна, более того, необходима разработка новых двигателей. Прежде всего, вспомним, что дальность полета (а следовательно, и время нахождения в воздухе) самолета прямо пропорционально зависит в том числе и от энергетики топлива, т. е. его теплотворной способности. В этом смысле перспективным видом горючего, окисляемого в процессе горения кислородом окружающего воздуха, является водород. Его теплотворная способность (с единицы массы) в 2,5 раза превышает теплотворную способность керосина. Его давно бы стали применять в авиации в качестве горючего, если бы не его проблемные свойства: низкая температура кипения, малая плотность и взрывоопасность при смешении с воздухом. И то и другое создают большие проблемы в реальной эксплуатации двигателей и самолетов, использующих водород в качестве горючего. Водород тем не менее широко применяется в ракетных двигателях, а с недавнего времени стал применяться и в

автомобилях.

Беспилотный ударный самолет Нортроп ХВ-47. Фарнборо-2008.

«СОЛДАТСКИЙ» САМОЛЕТ

В сентябре 2003 г. автор этих строк был в Кливленде, на очередной международной конференции по авиационным двигателям, посвященной на этот раз столетию первого полета братьев Уилбура и Орвилла Райтов. Погода стояла прекрасная — золотая осень. Одновременно здесь проходило авиашоу с демонстрацией полетов при участии пилотажных групп ВВС США. Летчики жили в том же отеле, что и участники конференции. Здесь же, в роскошном Ренессанс-Мариотт, проходила и конференция. Автор наблюдал, как над тихой водной гладью озера Эри, на берегу которого расположен Кливленд, совершал эффектные пролеты с пикированием американский штурмовик А-10 «Тандерболт» — «Удар грома» («Thunderbolt»). Самолеты с индексом «А» («Attack» — «штурмовик») составляют третью самостоятельную группу боевых самолетов (и моторов к ним) наряду с «F» («Fighter» — истребителями, или самолетами воздушного боя, и «Bomber» — бомбардировщиками). И если в этих последних типах самолетов в силу сходности требований советские и американские самолеты имели близкие конфигурации, то для штурмовиков ситуация различалась. Здесь сильно сказывалась предыстория, т. е. различный опыт боевого применения «фронтовых бомбардировщиков», как сейчас называются штурмовики. В США самолеты группы «А» (А-3 «Скайуоррер», А-4 «Скайхоук», А-6 Интрудер», А-7 «Корсар», AV-8 «Морской Харриер» вертикального взлета) — преимущественно палубного базирования. В СССР «сухопутные» фронтовые бомбардировщики еще с Великой Отечественной войны проектировало ОКБ П. О. Сухого (Су-2).

Если свернуть с Ленинградского проспекта на Беговую, то, дойдя до ипподрома, можно увидеть на правой стороне незаметную улицу им. Поликарпова. Она заканчивается тупиком, вернее, упирается прямо в проходную ОКБ П. О. Сухого. А если пройти на территорию ОКБ, то можно увидеть стоящий на постаменте первый самолет разработки ОКБ Су-2. Эта традиция проектирования штурмовиков была продолжена и после войны (реактивный ряд от Су-7 до Су-17 и Су-24 и вплоть до нынешнего Су-34). Конечно, против самолета воздушного боя штурмовику, даже многоцелевому, как Су-17, не выстоять. Что и подтвердилось 19 августа 1981 г. во время боестолкновения пары ливийских Су-22 (экспортный вариант Су-17) с тяжелыми палубными F-14 («Томкэт») 6-го американского флота над заливом Сирт в Средиземном море. Оба Су-22 были сбиты.

Если же сравнить между собой американский «Удар грома», европейский британо-французский «Ягуар» и советский «Грач» (Су-25), то мы увидим, что эти самолеты созданы по совершенно различным тактико-техническим требованиям. Столь же сильно отличаются и двигатели к ним. Американский А-10 — в некотором роде «предельный» по дальности и боевой нагрузке дозвуковой двухмоторный самолет, очевидно, требующий сопровождения истребителями в случае столкновения с серьезным противником. По сути, это летающая платформа для вооружения, предназначенного для штурмовки наземных целей, в первую очередь танков, на большую глубину проникновения. Европейский, более легкий тоже двухмоторный, «Ягуар» — с явными признаками многоцелевого применения, включая возможность несения тактического ядерного оружия, о чем говорит его способность летать со сверхзвуковой скоростью ($M_{max} = 1{,}6$). И, наконец, двухмоторный советский Су-25, так называемый «солдатский», неприхотливый самолет с бронированной кабиной (титановые плиты толщиной 24 мм), спроектированный для эксплуатации с временно оборудованных аэродромов и требующий минимума обслуживания.

Су-25 прошел войну в Афганистане, Чечне и совсем недавно (2008 г.) в Грузии, зарекомендовав себя как надежная эффективная машина для локальных конфликтов. В последнем случае именно Су-25 обеспечили поражение грузинской войсковой группировки, нанеся удары по центрам управления, мостам, складам и коммуникациям, еще раз подтвердив решающую роль авиации в боевых действиях (по Дуэ). Ирония судьбы, но производство Су-25 было развернуто в советское время на Тбилисском авиазаводе, который в августе 2008 г. бомбили эти штурмовики в числе прочих целей.

История его создания началась в 1968 г., когда министр обороны А. А. Гречко объявил конкурс на разработку штурмовика, в котором вначале участвовали четыре КБ: Ильюшина, Микояна, Сухого и Яковлева, а после первого этапа конкурса осталось два — Сухого и Микояна. Как пишет Самойлович [38]:

«Надо сказать, что к этому времени концепция нашего штурмовика (он разрабатывался по инициативе ОКБ П. О. Сухого еще до конкурса) претерпела сильные изменения. Главное — это двигатель. Поскольку у нас ничего не получалось с АИ-25 и его модификациями (АИ-25 — это легкий двигатель разработки Запорожского ОКБ для регионального самолета Як-40 со степенью двухконтурности 2,0. —А.В.), КБ сделало выбор в пользу безфорсажной версии двигателя РД-9БФ, стоявшего на самолете МиГ-19. Перед тем как выйти на второй НТС, наше КБ провело

ряд встреч с представителями ВВС. Они высказали свои рекомендации: увеличить боевую нагрузку до трех тонн. Вопрос мне был задан только один: почему в нашем проекте отсутствует стрелок? Я объяснил, что в условиях современной ПВО самолет сможет осуществить максимум 2–3 атаки наземных целей. Воздушные бои в этих условиях над территорией противника маловероятны. Поэтому наличие стрелка неоправданно, вес стрелка целесообразнее направить на точные системы навигации и прицеливания… Какая максимальная скорость может быть, чтобы летчик сумел обнаружить и распознать с малой высоты малоразмерные наземные цени? Оказалось, что 600 км/ч (об этом говорили приглашавшиеся нами летчики). Второй мой вопрос касался глубины проникновения штурмовика за линию боевого соприкосновения. Было сказано, что она равна 50 км… Что касается вопросов эксплуатации, то в КБ впервые в отечественной авиапромышленности были разработаны и введены лимиты на время подготовки самолета к повторному вылету для каждой отдельно взятой системы».

Первый Су-25 («по-суховски» — опытный Т-8) был построен в 1974 г., а первый вылет состоялся в феврале 1975 г. Тип двигателя изменили: самолет должен был быть оснащен Р-95Ш (бесфорсажная модификация двухвального Р13-300 все того же «микулинского», или «туманского», ряда, родоначальником которого был знаменитый Р11-300).

Далее Самойлович пишет: «В процессе проектирования Су-25 самой главной проблемой являлся выбор двигателя. Идеально, когда новый самолет создается под конкретный двигатель. На Су-24 мы попытались «опровергнуть» это жизненное правило, т. е. сделать двигатель под самолет, и получили весь «букет» неприятностей. Я это запомнил на всю оставшуюся жизнь. Поэтому, не зная, с каким же двигателем будет летать будущий Су-25, мы заложили резерв расхода воздуха через каналы подвода воздуха к двигателям, и переход от двигателя Р9-300 (расход воздуха 33 кг/с) к Р95Ш (расход воздуха 48 кг/с) для нас прошел безболезненно. Позднее П. Дементьев потребовал от нас перехода на двигатель РД-33 (разработка Климовского КБ для МиГ-29. — А.В.) без форсажной камеры с расходом воздуха 66 кг/с. Вот это уже означало, что нам надо делать совершенно новый самолет».

Первый серийный Су-25 вышел в июне 1979 г. А в декабре того же года советские войска вошли в Афганистан. Министр обороны Д. Ф. Устинов принял решение направить в Афганистан два опытных самолета Су-25. Он сказал: «Испытывать самолеты надо в реальных боевых условиях».

Далее Самойлович пишет: «Началась подготовка к отправке

штурмовиков в Афганистан для участия в операции «Ромб», предполагавшей разностороннюю проверку самолета в экстремальных боевых условиях. Во второй половине апреля 1980 г. операция «Ромб» началась. В ней, кроме двух Су-25, проходили испытания и четыре самолета Як-38, отрабатывавших режимы укороченного взлета с сухопутных аэродромов. Продолжавшаяся чуть более полутора месяцев операция прошла успешно. В боевых условиях были проверены многие виды вооружения, в том числе объемно-детонирующие бомбы (на Западе их называют вакуумными). В ходе проведения операции «Ромб» самолет Су-25 проявил себя с самой положительной стороны, он очень понравился сухопутным войскам и получил от них прозвище «Гребешок»: действительно, большое число пилонов под крылом для подвески вооружения делало машину похожей на расческу. Разумеется, опыт боевого применения выявил и узкие места. Испытателями были отмечены два серьезных дефекта самолета: плохая приемистость двигателей Р-95Ш (8 с. от «малого газа» до «максимала») и низкая эффективность тормозных щитков. Это очень сильно ограничивало условия боевого применения. Самолет «нырял» в ущелье и начинал разгоняться на пикировании, после чего «выскочить» вверх ему было очень трудно… Самолет Су-25 был принят на вооружение только в 1988 г. Кстати, при формировании авиачасти столкнулись с большими трудностями: летчики никак не хотели осваивать новую машину. Причина оказалась до смешного проста: зарплата летчиков зависела от ЛТХ самолета — пилот-сверхзвуковик получал на 30 % больше, чем дозвуковик. Наплыв желающих летать на Су-25 был отмечен только тогда, когда руководство ВВС, поняв свою ошибку, ликвидировало эти «ножницы».

А что же американский А-10А, совершивший первый полет в 1972 г.? На нем стоят два двигателя TF34-GE тягой по 4 тонны, но не это отличает его от советского Р-95Ш той же тяги (4000 кг) на Су-25. На Су-25 стоит одноконтурный двухвальный турбореактивный двигатель (число ступеней компрессора 3 + 5 со степенью сжатия 8,7, а турбины — 1 + 1), а на А-10 — двухконтурный с большой степенью двухконтурности, равной 5–6 (!). Диаметр вентилятора равен 1,118 м с расходом воздуха 153 кг/с. Это дает возможность существенно увеличить дальность полета А-10 за счет лучшей экономичности двигателя. Штурмовики А-10 тоже поучаствовали в боевых действиях в Косове (1999 г.), в Ираке и… Афганистане, но уже в XXI веке. Однако опыт боевого применения показал, что самолету требуется более мощный двигатель. Это вообще-то можно было

предвидеть: энерговооруженность А-10 маловата для штурмовика. Да еще это связано с особенностью применения двигателя большой двухконтурности, у которого, как известно, с увеличением скорости полета тяга падает круче, чем у классического одноконтурного двигателя. Но А-10 по плану американского Военного ведомства будет находиться в строю до 2028 г. и пройдет ремоторизацию.

Что же касается одноместного «Ягуара», совершившего первый полет в 1969 г., то на нем стояли французские («Турбомека») двухконтурные двигатели с форсажной камерой «Адур» тягой те же 4000 кг, но… на форсажном режиме. Итак, если сравнить эти три типа штурмовиков, то мы увидим поразительную разницу в подходах к проектированию, ненаблюдаемую в других типах боевых самолетов.

А американские пилоты, демонстрировавшие в Кливленде высшее пилотажное мастерство, оказались такими же бережливыми, если не сказать хуже, скупыми, как и уже отмеченная автором американская фирма «Боинг». Получая жалованье порядка 100 тыс. долларов в год, они ходили обедать в уличный Макдоналдс, несмотря на наличие в отеле Ренессанс-Мариотт прекрасного ресторана французской кухни «Сан-Суси», название которого, как известно, переводится «Без забот». Автор этих строк, «богатый советский инженер», обедал там в одиночестве, наслаждаясь буйабесом и белым вином.

В заключение хотелось бы отметить следующее. Интернет существенно повлиял на способ организации информации в сегодняшних книгах. Сегодня многое нет нужды описывать, достаточно только «назвать», обратив внимание — дальше все можно найти одним «кликом» мышки. Задачей автора становится структурирование массы атомарной информации посредством выявления внутренних связей между событиями. А вот связи эти обычно в Интернете отсутствуют — они не видны для непрофессионалов.

И еще — задачей автора становится обратить внимание читателя на некоторые узловые события в такой непростой мировой истории авиационного моторостроения и дать путеводную нить для того же поиска деталей в Интернете.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Авиадвигателестроение: Энциклопедия/под ред. В. М. Чуйко. — М.: «Авиамир», 1999.

2. Авиадвигатели «Сатурна» /под ред. М. Л. Кузменко — М… Полигон-пресс.2003.

3. Авиационный турбовинтовой двигатель Д-25В и редуктор Р-7. Техническое описание. — М.: Машиностроение, 1977.

4. Акт о приеме и сдаче дел Военно-Воздушных Сил от 15 апреля 1946 г./ в кн. ВВС России. Неизвестные документы — М.: ИД «Вестник воздушного флота», 2003.

5. Берне Л. П. Александр Микулин — легенда XX века. — М.: Крылья Родины, 2008.

6. Берне Л. П., Боев Д. А., Ганшин Н. С. Отечественные авиационные двигатели — XX век. — М.: АВИКО ПРЕСС, 2003.

7. Биргер И. А. О создании и совершенствовании газотурбинных двигателей/ж. Проблемы машиностроения и надежности машин № 3, 1991.

8. Виленский /О., Муравьев Ю. Александр Ивченко: авиация и личность. — Киев: Факт, 2003.

9. Гюльднер Х. Двигатели внутреннего сгорания. — М.: АО «Макиз»,1928.

10. Даровских В. В. Ретроспектива перспективы / в кн. МКБ, 50 лет. Страницы истории. — Пермь: МКБ, 1989.

11. Двигатели 1944–2000 гг., авиационные, ракетные, морские, промышленные. — М.: «АКС-Конверсалт», 2000.

12. Доклад о состоянии ВВС Красной Армии (от 14 мая 1940 г.)/в кн. ВВС России. Неизвестные документы — М.: ИД «Вестник воздушного флота», 2003.

13. Доклад Жигарева Сталину / в кн. ВВС России. Неизвестные документы — М.: ИД «Вестник воздушного флота», 2003.

14. Дуэ Дж. Господство в воздухе. — С.-П.: АСТ, 2003.

15. Дынкин А. Л. Самолет начинается с двигателя. Заметки о Рыбинском конструкторском бюро моторостроения /в 3-х книгах — Рыбинск: 1995–1999.

16. Егер В. С. Неизвестный Туполев. — М.: Эксмо, 2009.

17. Зенгер Е. Техника ракетного полета. — М.: Оборонгиз, 1947.

18. Иванов В. Неизвестный Поликарпов. — М.: Эксмо, 2009.

19. Иностранные авиационные двигатели/под ред. СоркинаЛ.И. — М.: ЦИАМ, 1987.

20. Кей Энтони Л. История разработки и создания

реактивных двигателей и газовых турбин в Германии (1930–1945)/пер. с англ. — Рыбинск: НПО «Сатурн», 2006.

21. Кербер Л. Л. Туполев. — СПб.: Политехника, 1999.

22. Киселев В., Калинина Л. Двенадцать глав из жизни П. А. Соловьева. — Пермь: «Авиадвигатель», 1997.

23. Комаров Е. В. Создатели небывалых скоростей: из записок авиаконструктора / в ж. «Москва», № 8, 2005.

24. Кощеев А. Б., Платонов А. А., Хабров А. В. Аэродинамика самолетов семейства Ту-204/Ту-214/ Учебное пособие. — М.: ОАО «Туполев», ООО «Полигон-Пресс», 2009.

25. Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. — Киев: «КИТ», 1995.

26. Масленников М. М., Рапипорт М. С. Авиационные поршневые двигатели. — М.: Оборонгиз, 1951.

27. Мухин Ю., Брюн М. Третья мировая над Сахалином, или Кто сбил корейский лайнер? — М.: Алгоритм. 2008.

28. Николаев А. Сердце истребителя. — в ж. «Двигатель» № 3,4,5,6 1999, № 1,2,3,4 2000

29. Ольштейн Л. Е. Победы и поражения. — в ж. «Конверсия в машиностроении», № 3, 2004.

30. Орлов П. И. Конструкция авиационных двигателей. — М.: Оборонгиз, 1940.

31. Основы технологии создания газотурбинных двигателей для магистральных самолетов /под ред. Братухина, Ю. Е. Решетникова, А. А. Иноземцева. — М.: Авиатехинформ, 1999.

32. Пермские авиационные двигатели /информационно-технический бюллетень № 19. — Объединенная двигателестроительная корпорация, 2009.

33. Подрепный Е. Реактивный прорыв Сталина. — М.: Яуза, Эксмо, 2008.

34. Пономарев Б. А. Двухконтурные турбореактивные двигатели. — М.: Воениздат, 1973.

35. Постановление № 158 Совета Труда и Обороны от 25 июля 1931 г./ в кн. ВВС России. Неизвестные документы. — М.: ИД «Вестник воздушного флота», 2003.

36. Пибблз К. Тайные полеты./пер. с англ. — Смоленск: Русич, 2002.

37. Развитие авиационной науки и техники в СССР/ Историко-технические очерки/. Под ред. Образцова И. Ф. — М.: Наука, 1980.

38. Самойлович О. Рядом с Сухим. Воспоминания авиаконструктора. — М.: 1999.

39. Селяков Л. Л. Тернистый путь в никуда. Записки

авиаконструктора. — М.: 4-й филиал Воениздата, 1997.

40. Симонов К. Разные дни войны. — М.: Молодая гвардия, 1977.

41. Симонов Н. С. Военно-промышленный комплекс СССР в 1920— 1950-е гг.: темпы экономического роста, структура, организация производства и управления. — М.: РОССПЭН, 1996.

42. Служебная записка: По вопросам послевоенного развития авиации Советского Союза / в кн. ВВС России. Неизвестные документы — М.: ИД «Вестник воздушного флота», 2003.

43. Созвездие. Союз авиационного двигателестроения /в пяти книгах под ред. В. М. Чуйко. — М.: «Авико-Пресс», 2003.

44. Соловьев П. А. О времени и о себе. — Ярославль, Рыбинск: РМП, 2009.

45. Солонин М. На мирно спящих аэродромах. — М.: Яуза, Эксмо, 2008.

46. Сорокин В. Н. История конструкций авиационных двигателей в России и СССР (1878–1946), — Иркутск: ИВВАИУ, 1995.

47. Тэйлор М., Мандей Д. Книга Гиннесса об авиации /пер. с англ. — Минск: БелАДИ («Черепаха»), Беларусь, 1997.

48. Федотова С. П. Молотовский коктейль. — Пермь. 2005.

49. Федотова С. П. Пермские моторы: история и легенды. — Пермь: ИД «Компаньон», 2009.

50. Хазанов Д. Б. 1941. Война в воздухе. Горькие уроки. — М.: Яуза, Эксмо. 2006.

51. Центральный институт авиационного моторостроения имени П. И. Баранова. 75 лет творческой научно-практической деятельности ЦИАМ в авиадвигателестроении / под ред. В. А. Скибина, Б. А. Пономарева, Л. И. Соркина, Б. Ф. Шорра. — М.: Авиамир, 2005.

52. Численное моделирование нестационарных явлений в газотурбинных двигателях, /под ред. Августиновича В. Г. и Шмотина Ю. Н. — М: Машиностроение, 2005.

53. Швабедиссен В. Сталинские соколы. Анализ действий советской авиации 1941–1945. — Минск: Харвест, 2004. — 528 с.

54. Якубович Н. МиГ-15. Г роза летающих крепостей. — М.: Эксмо, 2009.

55. 1941 год: В 2 кн./Сост. Л. Е. Решин и др. Под ред. В. П. Наумова — М.: Междунар. Фонд «Демократия», 1998 — («Россия XX век. Документы»)

56. Aircraft Engines of The World 1944. — Ed. by Paul Wilkinson, New York, 1944.

57. Aircraft Engines of The World 1948. — Ed. by Paul Wilkinson, New York, 1948.

58. Aircraft Engines of The World 1962/63. — Ed. by Paul Wilkinson, New York, 1963

59. Aircraft Engines of The World 1964/65. — Ed. by Paul Wilkinson, New York, 1965.

60. Aircraft Engines of The World 1966/67. — Ed. by Paul Wilkinson, New York, 1967.

61. Aircraft Engines of The World 1970. — Ed. by Paul Wilkinson, New York, 1971.

62. Ash R. L., Miley S. J. Landman D. Propeller Performance of Wright Brother's — Bent End» Propellers/ Proc. 36th Joint Propulsion Conference, AIAA2000-3152, Huntsville, Alabama, 2000.

63. Astbridge B. L. History Of Air-Breathing Engines — The Development Of British In-line Piston Engines/ Proc. 16th ISABE, #2003–1015, Cleveland, 2003.

64. Bradbrook S. J. Gas Turbine Technologies for Unmanned Air Vehicles/ Proc. 18th ISABE, #2007–1127, Beijing, 2007.

65. Cikanek H., Bartolotta P., Klem M., Rausch V. NASA Hypersonic Propulsion — Overview of Progress From 1995 to 2005/ Proc. 18th ISABE, #2007–1208, Beijing. 2007.

66. Conner M. Sir Frank Whittle and Dr. Hans von Ohain. Two Men Who Changed Everything/ Proc. 16th ISABE, #2003–1016, Cleveland, 2003.

67. Cyrus B., Meher-Homji P. E., Prisel E. Dr. Max Bentele — Pioneer Of The Jet Age/ Proc. ASME Turbo-Expo, Atlanta, 2003.

68. Dawson P. Educational Influences on Whittle and Von Ohain on The Development of The First Jet Engines/ Proc. of 36th Joint Propulsion Conference, AIAA 2000–3153, Huntsville, Alabama, 2000.

69. Deroumeau J. L. More Electric Architectures and the Impact On Propulsion Systems/ Proc. 17,h ISABE, #2005–1161, Munich, 2005.

70. Falempin F., Serre L French R&T Effort for High-Speed Airbreathmg Propulsion — Status in 2009/ Proc. 19th ISABE, #2009–1352, Montreal, 2009.

71. Hauvette J. Power For The Pioneers Early Pistons Engines/ Proc. 16th ISABE, #2003–1011, Cleveland, 2003.

72. ItaharaH.,
Nakata Y.,Kimura T.,TakagiS.,KishiK.,Cabe J. L.,YanagiR.. and Morita M. Research and Development of HYPR90-T Variable Cycle Turbo Engine for HST/ Proc. 13th ISABE, 97-7013, Chattanooga, Tennessee, USA, 1997.

73. Jane's Aero-Engines. Issue Twenty-six September 2009. — Mark Daly, Jane's Information Groupe Ltd, Coulsdon, Surrey, UK.

74. Jane's. All the World's Aircraft 2007–2008 — Jane's Information Groupe Ltd, Coulsdon, Surrey, UK.

75. JT9D. Service Information Report, #36, February 2001.

76. Jensen D. T. Allison: Aircraft Engine Pioneer/ Proc. 16th ISABE, #2003–1014, Cleveland, 2003.

77. Kinney J. R. Frank W. Caldwell and The Development of The Variable-Pitch Propellers, 1918–1938/ Proc. 36th Joint Propulsion Conference, AIAA2000-3151, Huntsville, Alabama, 2000.

78. Matsuki M., Endo M. History Of Aircraft Engines In Japan/ Proc. 16th ISABE, #2003–1013, Cleveland, 2003.

79. Orth R. C., Smith H., Foreman K. A Look At The History Of US Aircraft Piston Engines/Proc. 16th ISABE, #2003–1012, Cleveland, 2003.

80 Piton D., Yvart P., Sesse L. Liquid Fuelled Pulse Detonation Engines for Long-Range UAV's /Proc. 36th Joint Propulsion Conference, AIAA-2000-3314, Huntsville, Alabama, 2000.

81. Sullivan M Dependable engines: the history of Pratt & Whittney — Library of Flight, ed. Ned Allen, 2008.

82. Steelant J. LAPCAT: A Technical Feasibility Study on Sustained Hypersonic Flight/Proc. 18th ISABE, #2007–1205, Beijing, 2007.

83. The New 1000 H. P. Wright Cyclone. — Wright Aeronautical Corporation, Paterson, New Jersey, 1936.

ВЕЛИКАЯ ВОЙНА АВИАМОТОРОВ
Борьба за господство в воздухе – это прежде всего ВОЙНА МОТОРОВ. Опыт Второй Мировой показал, что именно превосходство в скорости является решающим фактором в воздушном бою, а отставание СССР в моторостроении стало главной «ахиллесовой пятой» наших ВВС в Великой Отечественной войне. Вся история авиации есть ожесточенная БИТВА ЗА СКОРОСТЬ, а значит – за мощность авиадвигателей, по праву считающихся вершиной технологии и доказательством научно-технической состоятельности государства.
Эта книга – первое серьезное исследование великой войны моторов, продолжавшейся весь XX век и определившей развитие авиапромышленности, – от первых поршневых двигателей до новейших газотурбинных, от неуклюжих «этажерок», летавших со скоростью мопеда, до гиперзвуковых стратосферных суперджетов последнего поколения. Будучи признанным авторитетом в области проектирования авиационных двигателей с более чем 40-летним стажем, автор лично участвовал в этой битве за скорость, а его книга не только в высшей степени компетентна, но еще и на редкость увлекательна, читаясь как захватывающий технотриллер.
ЭКСМО
МУЗА

---

created by mefysto